

U 457/260
4 15
U 457/260

5р 16/I-38г Ш

4415

ФБ-2

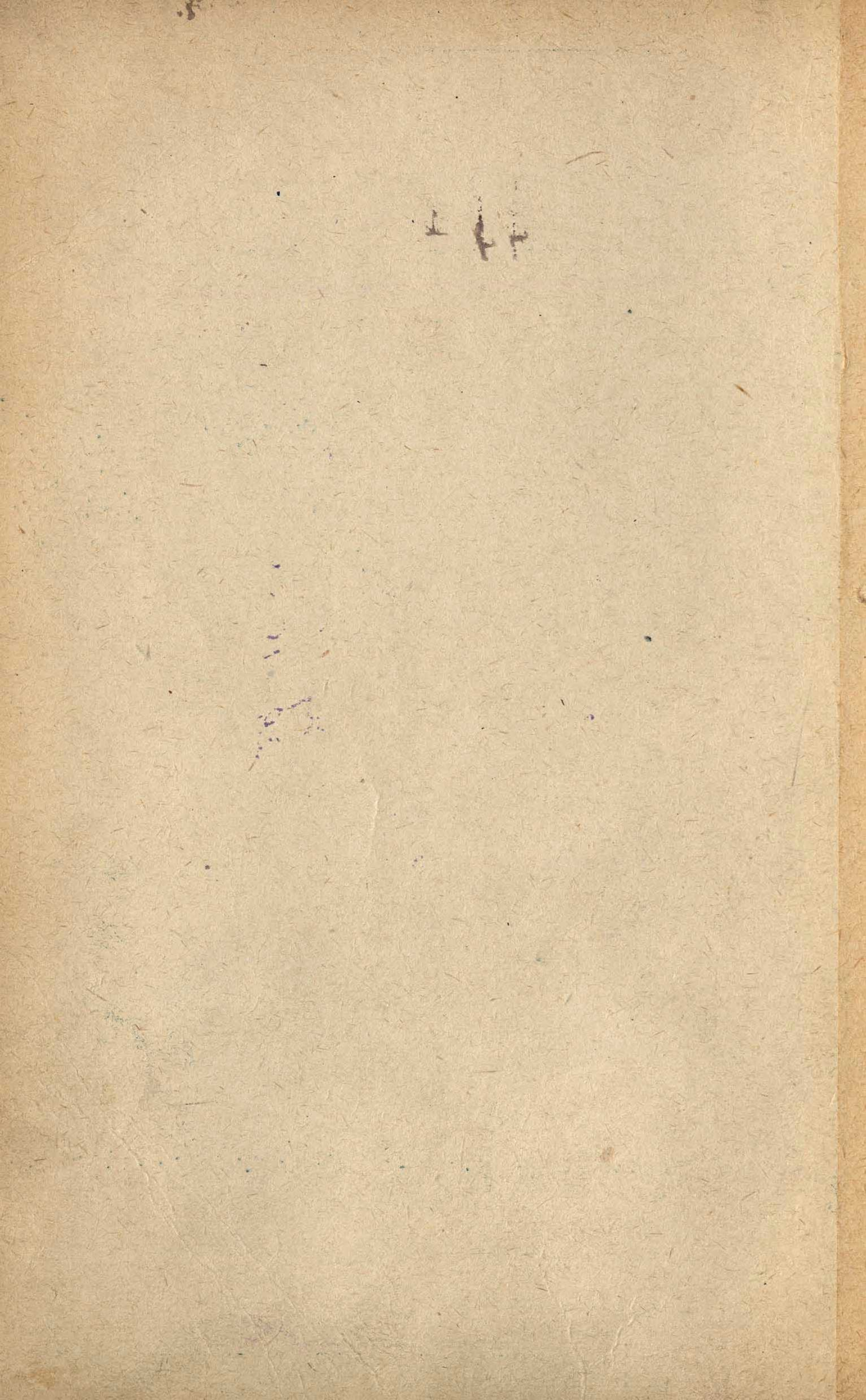
Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

МЕЖПЛАНЕТНЫЕ ПУТЕШЕСТВИЯ



ЗВЕЗДОПЛАВАНИЕ

ПРИБОЙ 1929



И 457/260 Пе-353

Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

МЕЖПЛАНЕТНЫЕ ПУТЕШЕСТВИЯ

НАЧАЛЬНЫЕ ОСНОВАНИЯ ЗВЕЗДОПЛАВАНИЯ

С 50 РИСУНКАМИ

ИЗДАНИЕ ШЕСТОЕ
ЗАНОВО ПЕРЕРАБОТАННОЕ
И ЗНАЧИТЕЛЬНО ДОПОЛНЕННОЕ

42—47 тысяча

ПУБЛ. БИБЛ. имени В. И. ЛЕНИНА С.С.С.Р.

«ПРИБОЙ»
1929

ОБЛОЖКА РАБОТЫ

М. В. УШАКОВА-ПОСКОЧИНА

ЧИТАТЕЛЬ!

Отзыв об этой книге пошли по адресу: Москва, Ильинка, 3, Госиздат, в редакцию журнала „Книга и революция“

2015147535



Ленинградский Областлит № 28007.
12 л. Тираж 5 000 (А, 43 29876/Пр.)

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА.

Первое издание этой книги, четырнадцать лет назад, я напутствовал следующими строками.

«Было время, когда признавалось невозможным переплыть океан. Нынешнее всеобщее убеждение в недосягаемости небесных светил обосновано в сущности не лучше, нежели вера наших предков в недостижимость антиподов. Правильный путь к разрешению проблемы заатмосферного летания и межпланетных путешествий уже намечен, — к чести русской науки, трудами нашего ученого. Практическое же разрешение этой грандиозной задачи может осуществиться в весьма недалеком будущем.

«Этой маленькой экскурсией в область космической физики автор, помимо прямой задачи, преследует и другую цель: он желал бы до некоторой степени рассеять существующее в публике предубеждение против небесной механики и физики, как знаний слишком отвлеченных, неспособных будто бы дать пищу живому уму. Наука, которая открывает возможность успешно соперничать в полете воображения с фантазией остроумнейших романистов, проверять и исправлять их смелые замыслы, наука, указывающая пути осуществления величайших грез человечества, должна перестать казаться сухой и скучной. Автор надеется, что простейшие сведения из этой области знания, которые рассеяны в настоящей книге, заронят в уме любознательного читателя интерес к изучению механики и физики вселенной и возбудят желание ближе познакомиться с фундаментом величественной науки о небе.

«Чтение этой книги не требует никаких специальных познаний. Материал, предназначенный для более подготовленных читателей, отнесен в отдел Прибавлений».

За истекшие годы предмет книги пережил стремительную эволюцию: из чисто теоретической проблемы межпланетное летание превратилось в очередную задачу техники, в «звездоплавание», близкое к началу своего осуществления. Поэтому в настоящем, шестом, издании книга подверглась коренной переработке, почти вдвое увеличившей ее объем. Понадобилось прежде всего изменить целевую ее установку: если в предшествовавших изданиях основная тема книги служила в сущности лишь средством для привлечения интереса читателя к физике неба, то теперь звездоплавание трактуется здесь, как проблема самодовлеющая. В соответствии с современным состоянием вопроса, основной текст книги пополнен семью новыми главами.

IX. Механика полета ракеты.

X. Звездная навигация. Скорости, пути, сроки.

XI. Проекты К. Э. Циолковского (опубликованные в последнее время).

XII. Составные, фото- и авио-ракеты (проекты Оберта, Гефта и Валье).

XIII. Искусственная Луна. Внеземная станция.

XIV. Опыты с ракетами (работы Годдарда и Опеля).

XV. Два несбыточных проекта.

Расчленение книги на основной текст, общедоступно излагающий принципиальную сторону проблемы, и отдел прибавлений, посвященный частностям (преимущественно в математическом рассмотрении), — сохранено и в этом издании. Отдел Прибавлений также подвергся значительной переработке и, между прочим, пополнен статьями:

3. Динамика ракеты.
4. Начальная скорость и продолжительность перелетов.
5. Внеземная станция.
10. Через океан на ракете.
12. Современные деятели звездоплавания.

В последней статье указана и литература предмета.

Весь прежний текст заново проредактирован и освежен новым материалом. Включенные в книгу числовые данные и выкладки перенесены из первоисточников не механи-

чески, а предварительно проверены, перевычислены и исправлены.

В книгу введено все существенно-новое из рассматриваемой области, что было опубликовано ко времени окончания рукописи. Но предмет продолжает развиваться быстро и непрестанно; если бы автор поставил себе задачей вместить все новое из того, что становится известным, — книге, вероятно, не пришлось бы никогда появиться в свет. В некоторый, произвольно выбранный момент необходимо остановиться для подведения итогов.

Выполняя приятный долг, выражаю живейшую признательность маститому вдохновителю этой книги К. Э. Циолковскому за непосредственную помощь, оказанную мне при ее составлении.

Я. П.

ПРЕДИСЛОВИЕ К. Э. ЦИОЛКОВСКОГО.

В 1903 г. в петербургском ежемесячном журнале «Научное Обозрение» (№ 5) появилась моя математическая работа о ракетном снаряде для заатмосферного летания: «Исследование мировых пространств реактивными приборами». Журнал был мало распространенный и скорее философский и литературный, а никак не технический. Поэтому, кроме немногих иностранцев, никто моей работы не заметил. После торжества авиации я получил возможность возвратиться в печати к затронутой теме: в 1911—1912 гг. была опубликована в «Вестнике воздухоплавания» моя новая работа под тем же заглавием. Она содержала резюме первой работы и значительное ее развитие. Работа обратила на себя внимание специалистов,—но широким кругам читателей идеи мои стали известны лишь с того времени, когда за пропаганду их принялся автор «Занимательной физики» Я. И. Перельман, выпустивший в 1915 г. свою популярную книгу «Межпланетные путешествия». Это сочинение явилось первой в мире серьезной, хотя и вполне общепонятной книгой, рассматривающей проблему межпланетных перелетов и распространяющей правильные сведения о космической ракете. Книга имела большой успех и выдержала за истекшие 14 лет пять изданий. Автор давно известен своими популярными остроумными и вполне научными трудами по физике, астрономии и математике, написанными, к тому же, чудесным языком и легко воспринимаемыми читателями.

Горячо приветствую появление настоящего, шестого по счету, издания «Межпланетных путешествий», пополненного и обновленного сообразно продвижению этой проблемы новейшими исследованиями.

К. Циолковский.

МЕЖПЛАНЕТНЫЕ ПУТЕШЕСТВИЯ

Проложенная Ньютоном дорога
Страданий облегчила тяжкий гнет;
С тех пор открытий сделано уж много,
И верно мы к Луне когда-нибудь,
Благодаря парам, направим путь.

Байрон («Дон Жуан», 1823 г.)

I. ВЕЛИЧАЙШАЯ ГРЕЗА ЧЕЛОВЕЧЕСТВА.

Мысль о путешествиях на другие планеты, о странствовании в межзвездных пустынях, недавно еще была не более как заманчивой грезой. Рассуждать на эту тему можно было разве лишь так, как говорили об авиации несколько веков назад в эпоху Леонардо да Винчи. Но теперь нет уже сомнений, что подобно тому как авиация из красивой мечты превратилась в повседневную действительность, так должна со временем осуществиться и мысль о путешествиях космических. Наступит день, когда небесные корабли-звездолеты ринутся вглубь вселенной и перенесут бывших пленников Земли на Луну, к планетам — в другие миры, казалось бы навеки недоступные для земного человечества.

Лет двести-триста назад, когда и воздухоплавание было только фантастической грезой, вопрос о межзвездных полетах казался тесно связанным с проблемой летания в атмосфере. Однако мы путешествуем уже в воздухе, перелетаем над горными хребтами и пустынями, летим через материки и океаны, добились сказочных успехов в деле летания в воздухе, — а между тем на пути к полетам в мировое пространство делаем лишь первые скромные шаги.

Иначе и быть не может: летать в воздухе и летать в пустоте — проблемы совершенно разные. С точки зрения механики, аэроплан движется так же, как и пароход или паровоз: колеса паровоза отталкиваются от рельс, винт парохода — от воды, пропеллер аэроплана — от воздуха. Но в заатмосферных пустынях, в мировом пространстве нет воздуха, нет вообще никакой среды, на которую можно было бы так

или иначе опереться. Значит, чтобы осуществить межпланетные полеты, техника должна обратиться к иным приемам летания — выработать такой аппарат, который мог бы передвигаться в совершенно пустом пространстве, не имея никакой опоры вокруг себя. Заатмосферное летание не может иметь ничего общего с современной авиацией. Для разрешения этой задачи техника вынуждена искать принципиально иных путей.

II. ВСЕМИРНОЕ ТЯГОТЕНИЕ И ЗЕМНАЯ ТЯЖЕСТЬ.

Прежде чем приступить к этим поискам, уделим внимание тем невидимым цепям, которые приковывают нас к земному шару, — познакомимся поближе с действием силы всемирного тяготения. Ведь с нею-то и предстоит, главным образом, иметь дело будущим плавателям по мировому океану.

Начнем с одного распространенного заблуждения. Часто приходится слышать о некоторой «сфере» земного притяжения, выйдя за пределы которой, тела уже не подвержены притягивающему действию нашей планеты. От этого превратного представления надо совершенно отрешиться. Никакой «сферы» земного притяжения, никаких пределов для него не существует. Притяжение Земли, как и всякого тела, простирается беспредельно; оно лишь ослабевает с расстоянием, но никогда и нигде не прекращается. Когда мы мысленно переносимся с Земли на Луну и подпадаем под притягательное действие нашего спутника, мы не должны представлять себе дело так, будто там прекращается земное притяжение и начинается притяжение лунное; нет, на Луне проявляются оба притяжения, но лунное превозмогает, и явно заметно лишь действие преобладающей силы лунного притяжения. Однако близ лунной поверхности сказывается также и притяжение земного шара. Да и у нас на Земле, на ряду с земным притяжением, проявляется тяготение Луны и Солнца: о нем молчаливо, но убедительно свидетельствуют морские приливы.

Взаимное притяжение присуще не только телам небесным; это одно из основных свойств всякой материи. Им обладают даже самые мелкие крупинки вещества, где бы они ни помещались и какой бы ни были природы. Ни на мгновение не перестает оно проявляться везде и всюду, на каждом шагу, в великом и в малом. «Падение яблока с дерева, провал моста, сцепление почвы, явление прилива, предварение равноденствий, орбиты планет со всеми их возмущениями, существование атмосферы, солнечное тепло, вся область астрономического тяготения так же, как форма наших домов и мебели, совокупность условий обыденной жизни и даже наше существование—всецело зависят от этого основного свойства вещества», картинно изображает английский физик проф. О. Лодж значение тяготения в природе. Каждые две частицы любого вещества притягивают друг друга, — и никогда, ни при каких условиях взаимное их притяжение не прекращается: ослабевая с расстоянием, оно не уничтожается с течением времени.

Как же велика эта сила взаимного притяжения тел? Она может быть и невообразимо ничтожна, и чудовищно могущественна,—в зависимости от размеров притягивающихся масс и от их взаимного расстояния. Два взрослых человека, отстоящие на метр один от другого, взаимно притягиваются с силой около 40-й доли миллиграмма. * Столь ничтожная сила ничем, конечно, не может обнаружиться в условиях обыденной жизни. Она недостаточна даже для того, чтобы разорвать паутинную нить; а ведь, чтобы сдвинуть с места человека, нужно преодолеть трение его подошв о пол; для груза в 70 килограммов трение достигает 20 килограммов, т. е. в 500 миллионов раз больше, чем упомянутая сила взаимного притяжения человеческих тел. Удивительно ли, что в условиях обыденной жизни мы не замечаем на Земле взаимного тяготения предметов?

Но если бы трения не было, если бы два человеческих существа без опоры висели в пустом пространстве и ничто

* См. Прибавление 1-е.

не мешало проявляться их взаимному притяжению, — то какие бы чувства ни питали эти люди друг к другу, они непреодолимо влеклись бы один к другому силою всемирного тяготения, хотя скорость этого сближения, под действием столь ничтожной силы, была бы чрезвычайно мала.

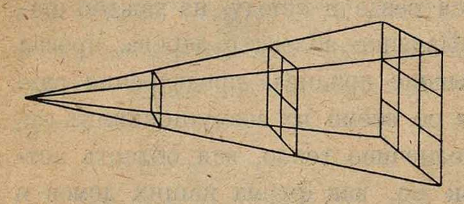


Рис. 1. Всемирное притяжение. Закон расстояний. Притяжение убывает пропорционально *квадрату* расстояния.

На двойном расстоянии притяжение уменьшается в 2 × 2, т. е. в 4 раза, на тройном — в 3 × 3, т. е. в 9 раз, и т. д.

Увеличьте притягивающиеся массы — и сила взаимного тяготения заметно возрастет. Провозглашенный Ньютоном закон всемирного тяготения гласит, что притяжение тел увеличивается пропорционально произведению их масс и уменьшается пропорционально квадрату их взаимного расстояния. Можно вычислить, что два линейных корабля, весом по 25 000 тонн каждый, плавая на расстоянии километра друг от друга, взаимно притягиваются с силою в 4 грамма (см. Прибавление 1-е). Это в сто тысяч раз больше упомянутой силы взаимного притяжения двух человеческих тел, но, разумеется, еще слишком недостаточно, чтобы преодолеть сопротивление воды движению судов и сблизить их вплотную. Но и при отсутствии всякого сопротивления оба корабля в течение первого часа сблизились бы силою взаимного притяжения всего лишь на два сантиметра.

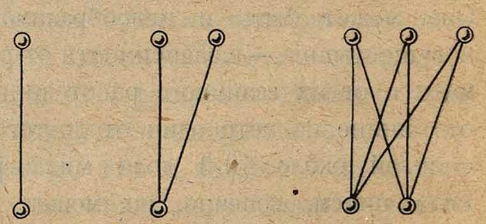


Рис. 2. Всемирное притяжение. Закон масс. Притяжение пропорционально произведению притягивающихся масс.

1 единица массы притягивает 1 единицу с силою 1 ед.; 2 единицы массы притягивают 1 единицу с силою 2 ед.; 3 единицы массы притягивают 2 единицы с силою 6 ед.

Даже притяжение целых горных хребтов требует для своего обнаружения тончайших измерений. Отвес, помещенный во Владикавказе, отклоняется притяжением соседних

Кавказских гор всего лишь на угол в полминуты, неуловимый без хороших инструментов.

Зато для таких огромных масс, как солнца и планеты, взаимное притяжение даже на отдаленнейших расстояниях достигает степеней, превосходящих человеческое воображение.

Наша Земля, несмотря на неимоверную отдаленность от Солнца, удерживается на своей орбите единственно лишь могучим взаимным притяжением этих обоих тел. Предположите на минуту, что солнечное притяжение внезапно прекратилось и что земные инженеры задались целью заменить невидимые цепи тяготения материальными связями, т. е. желают привязать земной шар к Солнцу, скажем, стальными канатами. Вам знакомы, конечно, те свитые из проволоки тросы, которые применяются для подъема грузов. Каждый из них способен выдержать тяжесть свыше 16 *т*. Знаете ли, сколько таких тросов понадобилось бы для замены ими взаимного притяжения Земли и Солнца? Цифра с пятнадцатью нулями ничего не скажет вашему воображению. Вы получите более наглядное представление о могуществе этого притяжения, если я сообщу вам, что всю обращенную к Солнцу поверхность земного шара пришлось бы густо покрыть непроходимым лесом таких тросов, по 60 на каждый квадратный метр...

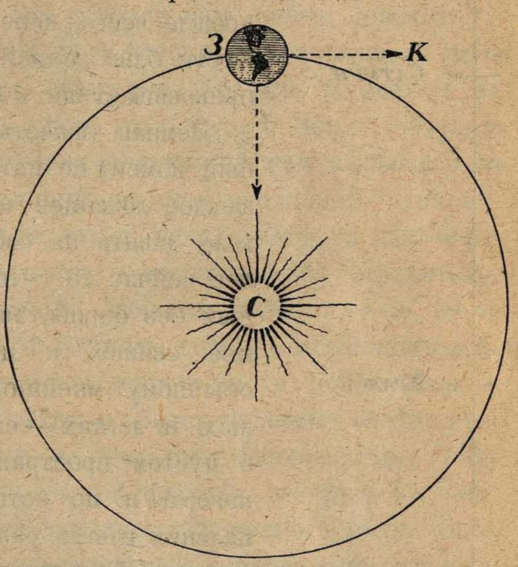


Рис. 3. Земля в каждый момент, вследствие инерции, стремится двигаться по прямой линии, касательной к ее действительной орбите, и только притяжение Солнца заставляет ее уклоняться от касательной, чтобы следовать по криволинейному пути. (Масштаб не соблюден.)

Рис. 4. Расстояния планет от Солнца. Стрелки показывают направление движения планет.

Так огромна невидимая сила, которая притягивает планеты к Солнцу.

Впрочем, для межпланетных полетов не понадобится рассекать этой связи миров и сдвигать небесные светила с их вековечных путей. Будущему моряку вселенной придется считаться лишь с притягательным действием планет на мелкие тела, и прежде всего, конечно, с напряжением тяжести близ земной поверхности: оно-то и приковывает нас к нашей планете.

Земная тяжесть интересует нас в данный момент не потому, что она заставляет каждое лежащее или подвешенное земное тело давить на свою опору. Для нас важнее сейчас то, что всем телам, оставленным без опоры, тяжесть сообщает движение «вниз», к центру Земли. Вопреки обычному мнению, для всех тел — тяжелых и легких — скорость этого движения в пустом пространстве совершенно одинакова, и по истечении первой секунды падения всегда равна 10 *м*.* По истечении второй секунды к накопленной 10-метровой скорости присоединяются еще 10 *м*: скорость удваивается. Возрастание скорости длится все время, пока совершается падение. С каждой секундой скорость падения возрастает на одну и ту же величину — на 10 *м*. Поэтому к концу третьей секунды скорость равна 30 *м*, к концу четвертой — 40, и т. д. Если же тело брошено снизу вверх, то скорость взлета, наоборот, уменьшается каждую следующую секунду на те же 10 *м*: по истечении первой секунды она на 10 *м* меньше,

* Точнее — 9,8 *м*: округляем это число ради простоты.

чем первоначальная; по истечении второй — еще на 10 *м* меньше, т. е. всего на 20 *м*, и т. д., пока не истощится вся первоначально сообщенная телу скорость, и оно не начнет падать вниз. (Так происходит лишь до тех пор, пока тело, поднимаясь вверх, не слишком удаляется от земной поверхности; на значительном расстоянии от Земли напряжение тяжести заметно ослабевает, и тогда ежесекундно будет отниматься уже не 10 *м*, а меньше.)

Сухие цифры, — но они должны нам многое пояснить.

В старину, говорят, к ноге каторжан приковывали цепь с тяжелой гирей, чтобы отяжелить их шаг и сделать их неспособными к побегу. Все мы, жители Земли, незримо отягчены подобною же гирею, мешающей нам вырваться из земного плена в окружающий простор вселенной. При малейшем усилии подняться ввысь невидимая гиря дает себя чувствовать и влечет нас вниз с возрастающей стремительностью. Быстрота нарастания скорости падения — по 10 *м* в каждую секунду,—может служить мерою отягчающего действия невидимой гири, которая держит нас в земном плену.

Все мечтающие о полетах по беспредельному океану вселенной должны сожалеть о том, что человеческому роду приходится жить как-раз на той планете, которую мы именуем «Землей». Среди небесных сестер земного шара лишь немногие обладают столь значительным напряжением тяжести, как наша планета. Взгляните на прилагаемую табличку, где напряжение тяжести на разных планетах солнечной системы дано по сравнению с напряжением земной тяжести, принятым за единицу (см. табл. I на стр. 16).

Вы увидите, что в солнечной системе только на гиганте Юпитере напряжение тяжести превосходит земное. Если бы условия тяжести были у нас такие, как на Марсе или на Луне, а тем более на Церере, то не пришлось бы, пожалуй, писать теперь книг в роде этой, потому что люди давно путешествовали бы уже по мировому пространству. На мелких астероидах достаточно было бы просто оттолкнуться от планеты, чтобы навеки унестись в простор вселенной . . .

———

Итак, межпланетные перелеты, помимо изыскания способов движения в пустоте, требуют разрешения вопроса о том, какими способами возможно бороться с силою земного притяжения.

Таблица I.

НАПРЯЖЕНИЕ ТЯЖЕСТИ.
(Земля = 1)

На Юпитере	2,5
На Сатурне	1
На Уране, Нептуне и Венере около	0,9
На Марсе	0,38
На Меркурии	0,39
На Луне	0,17
На астероиде Церере	0,03

Мысль наша способна вообразить лишь троякого рода борьбу с земною тяжестью:

1) можно искать средств укрыться или заслониться от силы притяжения, сделаться для нее неуязвимым;

2) можно пытаться ослабить напряжение земной тяжести; и, наконец, —

3) оставляя силу земной тяжести без изменения, можно изыскивать средства ее преодолеть.

Каждый из этих трех путей, в случае успеха, сулит нам возможность освободиться от плена тяжести и пуститься в свободное плавание по вселенной.

В этой последовательности мы и рассмотрим далее наиболее любопытные, заманчивые или поучительные проекты осуществления космических перелетов, прежде чем перейдем к изложению современного состояния вопроса.

III. МОЖНО ЛИ УКРЫТЬСЯ ОТ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ?

С детства привыкли мы к тому, что все вещи прикованы своим весом к земле; нам трудно поэтому даже мысленно отрешиться от тяжести и представить себе картину того, что было бы, если бы мы умели эту силу уничтожать по своему желанию. Такую фантастическую картину нарисовал в одной из своих статей американский ученый Г. Сервис:

«Если бы в самый разгар военной кампании мы могли посылать волны, которые нейтрализовали бы силу тяжести, то всюду, куда бы они ни попадали, немедленно наступал бы хаос. Гигантские пушки взлетали бы на воздух, как мыльные пузыри. Марширующие солдаты, вдруг почувствовав себя легче перышка, беспомощно витали бы в воздухе, будучи всецело во власти неприятеля, находящегося вне сферы действия этих волн. Картина забавная и, как может показаться, невероятная, — а между тем так было бы в действительности, если бы людям удалось подчинить своей власти силу тяжести».

Все это, конечно, фантазия. Не приходится и думать о том, чтобы распоряжаться силою тяготения по своему желанию. Мы не в состоянии даже хоть сколько-нибудь отклонить эту силу от пути, по которому она распространяется, не можем ни одного тела защитить от ее действия. Тяготение — единственная сила природы, для которой мы не знаем никаких преград. Какое бы огромное, какое бы плотное тело ни стояло на ее пути, — сила эта проникает сквозь него, как через пустое место. «Непрозрачных» для тяготения тел не существует.

Но если бы человеческому гению посчастливилось в будущем отыскать или приготовить такое непроницаемое для тяготения вещество, смогли ли бы мы с его помощью укрыться от силы притяжения, сбросить цепи тяжести и свободно ринуться в мировое пространство?

Английский писатель Герберт Уэллз подробно развил мысль о заслоне от тяготения в фантастическом романе

«Первые люди на Луне».* Ученый герой романа, некий изобретатель Кевор, открыл способ изготовления именно такого вещества, непроницаемого для тяготения. Об этом фантастическом веществе, названном в романе «кеворитом», автор рассуждает так:

«Почти каждое тело отличается непрозрачностью для какого-нибудь рода лучистой энергии и прозрачно для других ее видов. Стекло, например, пропускает видимый свет, но для невидимых лучей, производящих нагревание, оно гораздо менее прозрачно; квасцы, прозрачные для видимых лучей света, полностью задерживают лучи невидимые, нагревающие. Напротив, раствор иода в жидкости, называемой сероуглеродом, непрозрачен для видимых лучей света, но свободно пропускает невидимые, греющие лучи: через сосуд с такой жидкостью не видно пламени, но хорошо ощущается его теплота. Металлы непрозрачны не только для лучей света, видимого и невидимого, но и для электрических колебаний, которые, однако, свободно проходят сквозь стекло или через упомянутый раствор, как сквозь пустое пространство и т. д.

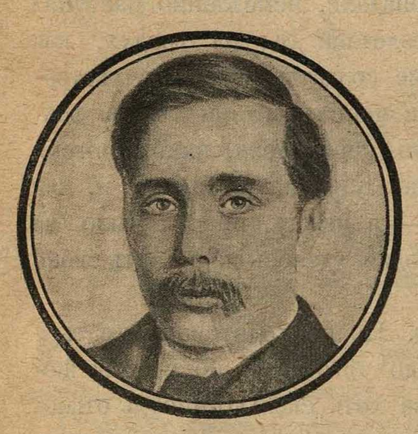


Рис. 5. Герберт Уэллз, автор романа «Первые люди на Луне» (1901 г.).

«Далее. Мы знаем, что для всемирного тяготения, т. е. для силы тяжести, проницаемы все тела. Вы можете поставить преграды, чтобы отрезать лучам света доступ к предметам; помощью металлических листов можете оградить предмет от доступа радиоволн, — но никакими преградами не можете вы защитить предмет от действия тяготения Солнца или от силы земной тяжести. Почему собственно в природе нет подобных преград для тяготения — трудно ска-

* Подлинник появился в 1901 г. Имеется несколько русских переводов.

зать. Однако, Кевор не видел причин, почему бы и не существовать такому веществу, непроницаемому для тяготения; он считал себя способным искусственно создавать такое непроницаемое для тяготения вещество.

«Всякий, обладающий хоть искрой воображения, легко представит себе, какие необычайные возможности открывает перед нами подобное вещество. Если, например, нужно поднять груз, то как бы огромен он ни был, достаточно будет разостлать под ним лист из этого вещества — и груз можно будет поднять хоть соломинкой».

Обладая столь замечательным веществом, герои романа сооружают небесный дирижабль, в котором и совершают смелый перелет на Луну. Устройство снаряда весьма несложно: в нем нет никакого двигательного механизма, так как он перемещается действием внешних сил. Вот описание этого фантастического снаряда:

«Вообразите себе шарообразный снаряд, достаточно просторный, чтобы вместить двух человек с их багажом. Снаряд будет иметь две оболочки — внутреннюю и наружную; внутренняя из толстого стекла, наружная — стальная. Можно взять с собою запас сгущенного воздуха, концентрированной пищи, аппараты для дистилляции воды и т. п. Стальной шар будет снаружи весь покрыт слоем кеворита. Внутренняя стеклянная оболочка будет сплошная, кроме люка; стальная же будет состоять из отдельных частей, и каждая такая часть может сворачиваться, как штора. Когда все шторы наглухо спущены, внутрь шара не может проникнуть ни свет, никакой вообще вид лучистой энергии, ни сила всемирного тяготения. Но вообразите, что одна из штор поднята, тогда любое массивное тело, которое случайно находится вдали против этого окна, притянет нас к себе. Практически мы можем путешествовать в мировом пространстве в том направлении, в каком пожелаем, притягиваемые то одним, то другим небесным телом».

Интересно описан в романе момент отправления снаряда в путь. Слой «кеворита», покрывающий снаряд, делает его совершенно невесомым. Невесомое тело не может спокойно лежать на дне воздушного океана; с ним должно произойти

то же, что произошло бы с пробкой, погруженной на дно озера: пробка всплывает на поверхность воды. Точно так же невесомый снаряд должен стремительно подняться ввысь и, миновав крайние границы атмосферы, умчаться по инерции в мировое пространство. Герои романа Уэллза так и полетели. А очутившись далеко за пределами атмосферы, они, открывая одни заслонки, закрывая другие, подвергая свой снаряд притяжению то Солнца, то Земли, то Луны, постепенно добрались до поверхности нашего спутника. Впоследствии таким же путем снаряд благополучно возвратился на Землю.

Описанный проект космических перелетов кажется на первый взгляд настолько правдоподобным, что естественно возникает мысль: не в этом ли направлении следует искать разрешения задачи звездоплавания? Нельзя ли, в самом деле, найти или изобрести вещество, непроницаемое для тяготения, и, пользуясь им, устроить межпланетный корабль? Достаточно, однако, глубже вдуматься в эту идею, чтобы убедиться в полной ее несостоятельности.

Не говорю уже о том, как мало у нас надежды отыскать вещество, непроницаемое для тяготения. Ведь даже последние элементарные частицы, электроны и протоны, из которых построены все виды материи, обладают весомостью и проницаемы для тяготения. Немыслимо представить себе, чтобы какое-нибудь их сочетание могло обладать иными свойствами в этом отношении. Но пусть фантастический «кеворит» найден, пусть сооружен снаряд по идее английского романиста. Пригоден ли будет такой снаряд для межпланетных путешествий, как описано в романе? Посмотрим.

В уме читателя, вероятно, уже мелькнуло сомнение, когда романист говорил нам о возможности поднять тяжелый груз «хоть соломинкой», поместив под ним непроницаемый для тяготения экран. Да ведь это же значит ни более, ни менее, как разрешить проблему вечного двигателя, создать энергию «из ничего»! Вообразите, в самом деле, что мы обладаем заслоном от тяготения. Подкладываем лист «кеворита» под любой груз, поднимаем, без всякой затраты энергии, наш теперь уже невесомый груз на любую высоту и затем

снова убираем экран. Груз, конечно, падает вниз и может произвести при падении некоторую работу. Повторяем эту простую операцию дважды, трижды, тысячу, миллион раз, сколько пожелаем — и получаем произвольно большое количество энергии, ниоткуда не заимствуя ее.

Выходит, что непроницаемый для тяготения экран дает нам чудесную возможность сотворить энергию «из ничего», так как ее появление, повидимому, не сопровождается одновременным исчезновением равного количества энергии в другом месте или в иной форме. Если бы герой романа действительно побывал на Луне и возвратился на Землю тем способом, какой там описан, то в результате подобного путешествия мир обогатился бы энергией. Общее количество ее во вселенной увеличилось бы на столько, сколько составляет разность работ, совершаемых силою тяготения при падении человеческого тела с Луны на Землю и с Земли на Луну. Земля притягивает сильнее, чем Луна, и, следовательно, первая работа больше второй. Пусть эта прибавка энергии ничтожна по сравнению с запасом ее во вселенной, все же такое сотворение энергии несомненно противоречит основному закону природы, закону сохранения энергии.

Если мы пришли к явному противоречию с законами природы, то, очевидно, в рассуждение вкралась незамеченная нами основная ошибка. Нетрудно понять, где именно надо ее искать. Идея заслона, непроницаемого для тяготения, сама по себе не заключает логической нелепости; но ошибочно думать, будто помощью его можно сделать тело невесомым, *без затраты энергии*. Нельзя перенести тело за экран тяготения, не производя при этом никакой работы. Невозможно задвинуть шторы «кеворитного» шара, не применяя силы. Обе операции должны сопровождаться затратой количества энергии, равного тому, которое потом является словно созданным «из ничего». В этом и состоит разрешение противоречия, к которому мы пришли.

Задвигая заслонки межпланетного снаряда, герои Уэллза тем самым словно рассекали невидимую цепь притяжения, которая приковывала их к Земле. Мы знаем в точности кре-

ность этой цепи и можем вычислить величину работы, необходимой для ее разрыва. Это та работа, которую вы совершили бы, если бы перенесли весомое тело с земной поверхности в бесконечно удаленную точку пространства, где сила земного притяжения равна нулю.

Есть люди, привыкшие относиться к слову «бесконечность» с мистическим благоговением, и упоминание этого слова нередко порождает в уме не-математика превратные представления. Когда я сказал о работе, производимой телом на бесконечном пути, иные читатели, вероятно, уже решили про себя, что работа эта бесконечно велика. На самом же деле она хотя и очень велика, но имеет конечную величину, которую математик может в точности вычислить. Работу перенесения весомого тела с земной поверхности в бесконечность мы можем рассматривать как сумму бесконечного ряда слагаемых, которые быстро уменьшаются, потому что с удалением от Земли сила притяжения ослабевает. Сумма подобных слагаемых, хотя бы их было и бесчисленное множество, нередко дает результат конечный. Сделайте шаг, потом еще полшага, затем еще $\frac{1}{4}$ шага, еще $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$ и т. д. Вы можете подвигаться так целую вечность — и все же не сделаете больше двух шагов. При учете работы тяготения мы имеем нечто в роде подобного суммирования, и читатель не должен удивляться, что работа эта даже на бесконечном пути имеет значение конечное. Можно вычислить, что для груза в 1 *кг* работа его перенесения с земной поверхности в бесконечность составляет немного более 6 миллионов килограммометров. Так как эта техническая оценка работы не для всех понятна, то поясню, что она равна величине работы, которую произвел бы, например, подъемный кран, подняв паровоз с тендером (75 *т*) на высоту 80 *м*. Современные океанские пароходы-исполины, в роде «Мавритании» с турбинами мощностью 60 000 лошадиных сил, совершают ту же работу менее чем в $1\frac{1}{2}$ секунды.

Далее. В смысле затраты работы совершенно безразлично, перенесете ли вы груз с Земли в бесконечно удаленную точку, или же в такое хотя бы и весьма близкое место, где он вовсе не притягивается Землей. В обоих случаях вы совершили бы одинаковую работу: величина ее зависит не от длины пройденного пути, а только от различия силы притяжения в крайних точках пути. При переносе тела в бесконечность работа производится на протяжении бесконечно длинного пути; при переносе же за экран тяготения та же работа затрачивается в несколько мгновений, пока совершается перенос. Надо ли говорить, что вторую работу практически было бы еще труднее произвести, чем первую?

Теперь становится очевидной безнадежность фантастического проекта Уэллза. Романист не подозревал, что перенесение тела за экран, непроницаемый для тяготения, представляет неимоверно трудную механическую задачу. Задвинуть заслонки «кеворитного» снаряда не так просто, как захлопнуть дверцу автомобиля: в промежуток времени, пока закрываются заслоны и пассажиры отделяются от весомого мира, должна быть выполнена работа, равная работе перенесения пассажиров в бесконечность. А так как два человека весят свыше 100 *кг*, то, значит, задвигая заслонки снаряда, герои романа должны чуть не в одну секунду совершить работу, ни мало, ни много, в 600 миллионов килограммометров. Это так же легко выполнить, как втащить сорок паровозов на вершину Эйфелевой башни в течение одной секунды. Обладая такой мощностью, мы и без «кеворита» могли бы буквально прыгнуть с Земли на Луну . . . Не для чего было бы и размышлять над проблемой межпланетных путешествий.

Итак, идея странствовать во вселенной под защитою вещества, непроницаемого для тяготения, приводит к тому, что в логике называется «порочным кругом». Чтобы воспользоваться таким веществом, надо преодолеть притяжение Земли, т. е. выполнить именно то, ради чего и должен быть придуман заслон тяготения. Следовательно, заслон для тяготения не разрешил бы проблемы небесных путешествий.

IV. МОЖНО ЛИ ОСЛАБИТЬ ЗЕМНУЮ ТЯЖЕСТЬ?

Если надежды укрыться от силы тяжести несбыточны, то, быть может, существуют способы хотя бы ослабить тяжесть на земной поверхности?

Казалось бы, закон тяготения не допускает подобной возможности даже в теории: сила притяжения зависит ведь от массы земного шара, уменьшить которую мы не в состоянии. Однако, это не так. Речь идет о напряжении тяжести на поверхности нашей планеты, а оно, как известно, зависит не от одной лишь массы, но и от расстояния до центра земного шара, т. е. от величины земного радиуса. Если бы мы могли разрыхлить земной шар настолько, чтобы, увеличившись в объеме, он приобрел радиус, например, вдвое больше, чем теперь, то напряжение тяжести на поверхности такого шара стало бы вчетверо меньше. В самом деле: находясь на поверхности Земли, мы были бы вдвое дальше от притягивающего центра (шарообразные тела притягивают так, словно вся их масса сосредоточена в центре). Выгода от подобного переустройства обитаемой нами планеты получилась бы еще и та, что поверхность земного шара увеличилась бы в четыре раза. Людям жилось бы на Земле буквально вчетверо «свободнее» и вчетверо «легче» . . .

Разумеется, ни современная техника, ни, конечно, и будущая не в состоянии осуществить ничего подобного.

Любопытно, однако, что некогда, — миллионы лет назад, в древние геологические эпохи, — радиус нашей планеты был действительно больше, нежели теперь: тогда и напряжение тяжести было соответственно слабее. Как утверждают геологи (теория Зюсса), горы на земном шаре образовались вследствие того, что планета наша, охлаждаясь, уменьшалась в объеме; земная кора при этом сморщивалась, как кожа высохшего яблока. Морщины эти и есть горы. Если мысленно расправить все складчатые горы земного шара, то определится, насколько поверхность нашей планеты была

некогда больше, нежели теперь. Этим путем вычислено, что в древнейшую геологическую эпоху радиус земного шара был на $\frac{1}{4}$ больше, нежели теперь. Мы знаем, что с удалением от центра напряжение тяжести уменьшается пропорционально квадрату расстояния. Значит, если поверхность Земли была тогда в $\frac{5}{4}$ дальше от центра, чем теперь, то напряжение тяжести на ней составляло бы $\left(\frac{4}{5}\right)^2 = \frac{16}{25}$, т. е. приблизительно $\frac{2}{3}$ нынешней силы тяжести. Вы видите, что не всегда тяжесть на Земле была такой, как теперь: миллионы лет тому назад нынешний килограмм весил на Земле всего около 640 *г*. Если бы мы жили несколькими миллионами лет ранее, задачу межпланетных путешествий можно было разрешить легче, нежели теперь...

Механика указывает и другой путь к ослаблению земной тяжести. Он состоит в том, чтобы ускорить быстроту вращения Земли вокруг оси. Уже и теперь центробежная сила, возникающая при вращении земного шара, уменьшает вес каждого тела на экваторе на $\frac{1}{290}$ долю. В соединении с другой причиной (вздутием земного шара у экватора) центробежная сила действует так, что все тела на экваторе весят на $\frac{1}{2}$ % меньше, чем близ полюсов. Паровоз, весящий в Москве 60 тонн, становится по прибытии в Архангельск на 60 килограммов тяжелее, а в Одессу — настолько же легче. Партия угля в 5 000 тонн, доставленная с Шпицбергена в какой-нибудь экваториальный порт, уменьшилась бы в весе на 20 тонн, если бы приемщику пришла фантазия принять груз, пользуясь пружинными весами, выверенными на Шпицбергене. Броненосец, весящий в Архангельске 20 000 тонн, становится по прибытии в экваториальные воды легче на 80 тонн; но это, конечно, неощутительно, так как соответственно легче делаются и все другие тела, не исключая и воды в океане. Всю равницу веса похищает, главным образом, центробежная сила: на экваторе она несколько больше, чем в удаленных от него широтах, где точки земной по-

верхности при вращении Земли описывают гораздо меньшие круги.

Нетрудно доказать, что если бы Земля вращалась в 17 раз быстрее, чем теперь, то центробежная сила на экваторе увеличилась бы 17×17, т. е. почти в 290 раз. Вспомнив, что теперь центробежная сила похищает у тел как-раз $\frac{1}{290}$ долю их веса, вы поймете, что на экваторе столь быстро вращающейся Земли тела совсем не имели бы веса. Стоило бы тогда лишь достичь экватора, чтобы, слегка оттолкнувшись там, быть отброшенным в мировое пространство. Задача звездоплавания разрешалась бы крайне просто. А если бы Земля вращалась еще быстрее, мы сделались бы небесными странниками поневоле, так как инерция при вращении сама отбросила бы нас в бездонную глубь неба. Людям приходилось бы задумываться уже над проблемой «земных», а не межзвездных странствований...

Все это лежит, конечно, далеко за гранью достижимого. Да если бы в наших силах и была возможность настолько ускорить вращение земного шара, то, вертясь так быстро, Земля под действием огромной центробежной силы расплющилась бы (в плоскости своего экватора), а, быть может, даже еще ранее разлетелась бы на части, как чересчур быстро заверченный жернов. * Возможность путешествовать в межзвездных пространствах приобретена была бы слишком дорогой ценой...

V. ВОПРЕКИ ТЯЖЕСТИ. — НА ВОЛНАХ СВЕТА.

Из трех мыслимых способов борьбы с тяготением мы рассмотрели и отвергли два: способ защиты от тяготения и способ ослабления земной тяжести. Ни тот, ни другой не дают человечеству надежды успешно разрешить заманчивую

---

* Астрономы предполагают, что Земля наша некогда уже имела подобную скорость вращения, опасную для ее целости. Сутки длились в ту эпоху всего несколько часов. И тогда от раскаленного шара, каким была наша Земля в те отдаленные времена, — шара более крупного, нежели теперь, — оторвалась зна-

проблему межпланетных перелетов. Бесплодны всякие попытки укрыться от силы тяготения; безнадежно стремление ослабить напряжение тяжести. Остается одно: искать средство преодолеть тяготение и покинуть нашу планету вопреки притяжению.

Проектов подобного рода существует несколько. Они, без сомнения, интереснее всяких других, так как их авторы не измышляют фантастических веществ, в роде «экрана тяготения», не предлагают ни переделать земной шар, ни изменить скорость его вращения.

Один из проектов рассматриваемой категории предлагает воспользоваться для межпланетных перелетов давлением световых лучей. Лицам, мало знакомым с физикой, должно казаться невероятным, чтобы нежные лучи света могли оказать давление на озаряемые им предметы. Между тем, одной из величайших заслуг безвременно скончавшегося гениального физика П. Н. Лебедева было то, что он доказал на опыте и измерил величину отталкивающей силы лучей света.

Всякое светящееся тело, будь то свеча на вашем столе, электрическая лампа, раскаленное солнце или даже темное тело, испускающее невидимые лучи, давит своими лучами на озаряемые тела. П. Н. Лебедеву удалось измерить силу давления, оказываемого солнечными лучами на освещаемые ими земные предметы: в мерах веса она составляет около $\frac{1}{2}$ миллиграмма для площади в квадратный метр. Если умножить полмиллиграмма на площадь большого круга земного шара, мы получим для давления солнечных лучей на Землю внушительный груз: около 60 000 тонн.

Такова величина силы, с которой Солнце давлением своих лучей постоянно отталкивает нашу планету. Сама по себе взятая, сила эта велика. Но — все относительно, и если

чительная часть материи и унеслась в мировое пространство. Наша Луна — не что иное, как эта оторвавшаяся материя, собравшаяся в шар и затвердевшая при остывании. (См. книги: Джордж Дарвин «Приливы» и Роберт Болл «Века и приливы».)

сравнить ее с величиною солнечного притяжения, то окажется, что отталкивание в 60 000 тонн не может иметь ни малейшего влияния на движение земного шара: сила эта в 60 биллионов раз слабее солнечного притяжения. Далекий Сириус, от которого свет странствует к нам 8 лет, притягивает Землю с гораздо большей силою — 10 миллионов тонн, а планета наша словно не чувствует этого. Не забудем, что 60 000 тонн — это вес только одного большого океанского парохода («Беренгария»).

Однако, чем тело меньше, тем бо́льшую долю силы притяжения составляет световое давление. Вы поймете, почему это, если вспомните, что притяжение пропорционально массе тела, световое же давление пропорционально его поверхности. Уменьшите мысленно земной шар так, чтобы поперечник его стал вдвое меньше. Объем, а с ним и масса Земли уменьшатся в $2 \times 2 \times 2 = 8$ раз, поверхность же уменьшится лишь в $2 \times 2 = 4$ раза; значит, притяжение ослабеет в 8 раз, пропорционально уменьшению массы; световое же давление уменьшится соответственно поверхности, т. е. всего лишь в 4 раза. Вы видите, что притяжение ослабело заметнее, чем световое давление. Уменьшите Землю еще вдвое — получится снова выгода в пользу светового давления.

Если будете продолжать и далее это неравное состязание кубов с квадратами, то неизбежно дойдете до таких мелких частиц, для которых световое давление, наконец, сравняется с притяжением. Подобная частица не будет уже приближаться к Солнцу — притяжение уничтожится равным отталкиванием. Вычислено, что для шарика плотности воды это должно иметь место в том случае, если поперечник его немного менее тысячной доли миллиметра.

Ясно, что если подобный шарик будет еще меньше, то световое отталкивание превзойдет силу притяжения и крупинка будет уже стремиться не к Солнцу, а от Солнца. Чем крупинка меньше, тем должна она сильнее отталкиваться от Солнца. Перевес светового давления над тяготением, конечно, выражается ничтожной величиной, но ведь и ничтожность —

относительна. Масса пылинки, которую эта сила движет, также чрезвычайно мала; и мы не должны удивляться тому, что маленькая сила сообщает весьма маленькой массе огромную скорость — в десятки, сотни и тысячи километров в секунду... *

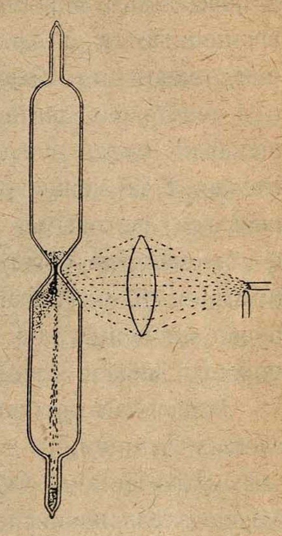


Рис. 6. Опыт Никольса и Гулла.
Лучи вольтовой дуги сосредоточиваются чечевицей в месте падения смеси грибных спор и наждачного порошка.

Опыт, наглядно обнаруживающий давление световых лучей.
Легкие грибные споры в пустой трубке заметно отклоняются под давлением сосредоточенного пучка лучей, в то время как более тяжелые частицы наждачного порошка падают отвесно.

Как читатель узнает позже, достаточно сообщить телу секундную скорость около 11 километров, чтобы отослать его с земной поверхности в мировое пространство, и 17 *км*, чтобы оно могло свободно странствовать по планетной системе. Значит, если ничтожная земная пылинка очутится почему-либо за пределами атмосферы, она будет подхвачена там световым давлением и увлечется им в мировое пространство, навсегда покинув породившую ее Землю. Она будет мчаться с возрастающей скоростью все далее и далее к окраинам нашей планетной системы, пересекая орбиты Марса, астероидов, Юпитера и т. д. При скорости 500 *км* в секунду микроскопическая пылинка в одни сутки пролетит путь, равный поперечнику земной орбиты, и через две недели будет уже у крайней границы нашей солнечной системы.

Два американских ученых, Никольс и Гулл, изучавшие световое давление одновременно с П. Н. Лебедевым, произвели следующий чрезвычайно поучительный опыт. В абсолютно пустую

---

* «Однако закон обратной пропорциональности радиусу не имеет больше силы, когда радиус становится слишком малым в сравнении с длиной волны отталкивающих световых лучей: при некотором радиусе, близком к 0,0001 миллиметра, отношение давления к притяжению начинает быстро уменьшаться» (Пойнтинг).

стеклянную трубку, имеющую перехват, как в песочных часах, они насыпали смесь прокаленных грибных спор и наждачного порошка. Прокаленные и, следовательно, превращенные в уголь споры необычайно малы и легки; они имеют не более 0,002 миллиметра в поперечнике и в десять раз легче воды. Поэтому, если направить на них сильный свет, сосредоточенный помощью зажигательного стекла, * то можно ожидать, что пылинки эти будут отталкиваться световыми лучами. Так и происходило в опыте: когда смесь пересыпалась сквозь шейку перехвата, то направленный сюда свет (вольтовой дуги) отталкивал угольные пылинки, между тем как более тяжелые частицы наждачного порошка падали отвесно.

Загадочная особенность кометных хвостов, словно отталкиваемых Солнцем, по всей вероятности, объясняется именно лучевым давлением. Об этом догадывался гениальный Кеплер, законодатель планетной системы, писавший три века назад следующие строки в своем трактате о кометах: «По натуре всех вещей полагаю, что когда материя в пространстве вселенной извержена бывает и сия пропускающая свет голова кометы прямыми лучами Солнца ударяется и пронизывается, то из внутренней материи кометы нечто им следует и тою же дорогою исходит, которой солнечные лучи пробивают и тело кометы освещают... Указание на причину, что из материи кометного тела нечто непрерывно изгоняется солнечными лучами силою оных, подал мне хвост кометы, о коем известно, что он всегда удаляется в сторону, противоположную Солнцу, и лучами Солнца формируется... Итак, нимало не сомневайся, читатель, что хвосты комет образуются Солнцем из материи, из головы изгнанной».

Не может ли и человек воспользоваться тою же силою для межпланетных путешествий? Для этого не надо было бы непременно уменьшаться до микроскопических размеров, достаточно устроить снаряд с таким же выгодным отношением поверх-

---

* Сосредоточенный пучок лучей естественно должен оказывать более сильное давление, нежели обыкновенный.

ности и массы, как у мельчайших пылинок, отталкиваемых лучами Солнца. Другими словами: поверхность снаряда должна быть во столько же раз больше поверхности пылинки, во сколько раз вес снаряда больше веса этой пылинки.

Автор одного астрономического романа перенес своих героев на другие планеты именно в подобном снаряде. Его герои соорудили каюту из легчайшего материала, снабженную огромным, но легким зеркалом, которое можно было поворачивать наподобие паруса. Помещая зеркало под различными углами к солнечным лучам, пассажиры небесного корабля, смотря по желанию, либо ослабляли отталкивающее действие света, либо же совсем сводили его на-нет, всецело отдаваясь притягательной силе. Они плавали взад и вперед по океану вселенной, посещая одну планету за другой.

В романе все выходит правдоподобно и заманчиво. Но точный расчет безжалостно разрушает эту мечту, не оставляя и тени надежды на осуществление подобного проекта. Ведь зеркальная поверхность, площадью в один квадратный метр, должна весить не менее килограмма; мы хотим, чтобы под действием светового давления оно приобрело скорость, дающую ей возможность свободно странствовать в солнечной системе, т. е. — как узнаем далее — 17 километров в сек. Легко рассчитать, что такая скорость может накопиться под действием светового давления только в... 50 000 лет! Ясно, что серьезно думать об использовании лучевого давления для надобностей звездоплавания не приходится.

Столь же безнадежно обстоит вопрос с проектом применить для этой цели радиоволны, посылаемые с Земли в мировое пространство. Во-первых, за внешние пределы земной атмосферы может пробиться в лучшем случае только незначительная часть посылаемых электромагнитных лучей (см. об этом статью «Межпланетная сигнализация» в Прибавлениях к книге). Если для движения звездолета оказывается недостаточной механическая энергия солнечного излучения, то что сказать об излучении земных радиостанций? Об управлении межпланетным «радиокораблем» тоже говорить не приходится, потому что

такое управление возможно было бы лишь в том случае, если бы корабль имел в себе механизм для движения в пустом пространстве, — а в этом ведь и вся задача.

VI. ИЗ ПУШКИ НА ЛУНУ.

Теория.

Небесные силы отказали нам в помощи. Остается рассчитывать лишь на могущество человеческой техники, преодолевшей уже немало природных препятствий. Найдем ли мы в ней орудие, достаточно могучее, чтобы разорвать оковы тяжести и ринуться в простор мироздания для исследования иных миров?

Надо было обладать оригинальным умом Жюля Верна, чтобы в смертоносном орудии — в пушке — усмотреть средство вознестись живым на небо. Большинство людей не отдает себе отчета в том, что с механической точки зрения пушка — самая мощная из машин, созданных человеческой изобретательностью. Пороховые газы, образующиеся в канале орудия при выстреле, оказывают на снаряд давление в 2 — 3 тысячи килограммов на квадратный сантиметр: это в несколько раз превышает чудовищное давление водных масс в глубочайших пучинах океана. Чтобы оценить работоспособность современной пушки в единицах мощности, т. е. в лошадиных силах, рассмотрим 40-сантиметровое орудие, выбрасывающее снаряд в 600 килограммов со скоростью 900 метров в секунду. «Живая сила» такого снаряда — полупроизведение массы на квадрат скорости — составляет около 25 000 000 килограммометров. Если принять во внимание, что столь огромный запас работы развивается в течение небольшой доли секунды — в данном случае 30-й, — то окажется, что секундная работа, выполняемая пушкой, то есть ее мощность, определяется числом 10 000 000 лошадиных сил. Между тем, мощность машин величайшего океанского парохода («Европа») только 100 000 лош. сил; понадобилась бы сотня двигателей этого исполина, чтобы выполнить механи-

ческую работу, совершаемую пороховыми газами при каждом выстреле крупного орудия.

Не без основания, как видим, предлагал французский романист именно с помощью пушки разрешить проблему заатмосферных полетов. В своих романах он оставил нам самый популярный проект межпланетных путешествий. Кто в юности не путешествовал с его героями на Луну внутри пушечного ядра?

Остроумная идея, разработанная покойным романистом в двух произведениях — «От Земли до Луны» и «Вокруг Луны»,* заслуживает бо́льшего внимания, чем то, которое обычно ей уделяется. Увлекшись фабулой романов, читатели склонны превратно оценивать их основную мысль, считая ее фантастичной там, где она реальна, и осуществимой там, где она несбыточна. Рассмотрим же поближе проект Жюля Верна, как техническую идею.

Признаюсь, не без волнения приступаю я к строгому разбору пленительных повестей увлекательного романиста. Более чем за полвека, протекшие со времени появления (1865 — 1870 гг.) этих увлекательных произведений, увенчанных французской академией, они успели стать любимым чтением молодежи всех стран. В годы моей юности они зажгли во мне впервые живой интерес к «царице наук» — астрономии; не сомневаюсь, что тем же обязаны и многие тысячи других читателей. И если я решаюсь теперь вонзить анатомический нож в поэтическое создание романиста, то утешаю себя мыслью, что следую лишь примеру его даровитого соотечественника, известного физика Шарля Гильома**.

Вы имеете превратное представление о науке, если думаете, что она безжалостно подсекает крылья воображению и обрекает нас пресмыкаться к обыденности видимой действительности. Бесплодной Сахарой было бы поле научных исследований, если бы ученые не прибегали к услугам вооб-

* Русский перевод под редакцией и с примечаниями Я. И. Перельмана вышел в 1928 г. в издании «Земли и Фабрики».

** См. последнюю главу его «Initiation à la Mécanique» (есть русский перевод под заглавием «Введение в механику». Изд. ГИЗ).

ражения, не умели отвлекаться от мира видимого, чтобы создавать мысленные, неосязаемые образы. Ни одного шага не делает наука без воображения; она постоянно питается плодами фантазии, но фантазии научной, рисующей воображаемые образы со всею возможною отчетливостью.

Научный разбор романа Жюля Верна не есть поэтому столкновение действительности с фантазией. Нет, это соперничество двух родов воображения — научного и ненаучного. И победа остается на стороне науки вовсе не потому, что романист слишком много фантазировал. Напротив, он фантазировал недостаточно, не достроил до конца своих мысленных образов. Созданная им фантастическая картина межпланетного путешествия страдает недоделанностью. Нам придется восполнить эти недостающие подробности, и не наша вина, если упущенные черты существенно изменяют всю картину.

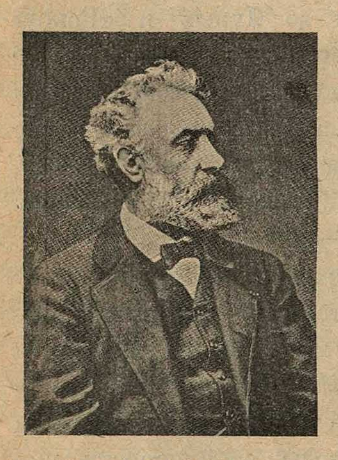


Рис. 7. Жюль Верн, автор романов: «С Земли на Луну» (1865 г.) и «Вокруг Луны» (1870 г.).

Надо ли пересказывать содержание романа, который у всех в памяти? Напомню лишь вкратце, словами самого Жюля Верна, главнейшие из интересующих нас обстоятельств.

«В 186... году весь мир был в высшей степени взволнован одним научным опытом, первым и совершенно оригинальным в летописях науки. Члены Пушечного клуба, основанного артиллеристами в Балтиморе после американской войны,* вздумали войти в сношение с Луной, — да, с Луной, — послав в нее ядро. Их председатель, Барбикен, инициатор предприятия, посоветовавшись по этому поводу с астрономами Кэмбриджской (в Сев. Америке) обсерватории, принял все необходимые меры, чтобы обеспечить это необыкновенное предприятие.

* Северных и южных штатов. — *Я. П.*

«Согласно указаниям, данным членами обсерватории, пушка, из которой будет сделан выстрел, должна быть установлена в стране, расположенной между 0° и 28° северной или южной широты, чтобы можно было навести ее на Луну в зените. Ядру должна быть дана первоначальная скорость в 16 тысяч метров в секунду. Выпущенное 1 декабря в десять часов сорок секунд вечера, оно должно достичь через четыре дня после своего отправления, 5 декабря ровно в полночь, в тот самый момент, когда Луна будет находиться в своем перигее, т. е. в ближайшем расстоянии от Земли.

«Решено было, что 1) ядро будет представлять собою алюминиевую гранату диаметром в 275 сантиметров, со стенками толщиной в 30 сантиметров, и будет весить 9 тонн; 2) пушка будет чугунная, длиною 275 метров, и будет вылита прямо в земле; 3) на заряд будет взято 107 тонн пироксилина, который, развив под ядром шесть миллиардов литров газа, легко добросит его до ночного светила.

«Когда эти вопросы были разрешены, председатель клуба, Барбикен, выбрал место, где после чудовищной работы была вполне успешно отлита эта колумбиада (пушка).

«В таком положении находились дела, когда случилось событие, во сто раз увеличившее интерес, возбужденный этим великим предприятием.

«Один француз, фантаст-парижанин, умный и отважный, попросил заключить его в ядро, так как он хочет попасть на Луну и познакомиться с земным спутником. * Он помирил председателя Барбикена с его смертельным врагом, капитаном Николем, и в залог примирения уговорил их отправиться вместе с ним в ядре. Предложение было принято. Изменили форму ядра. Теперь оно стало цилиндро-коническим. Этот род воздушного вагона снабдили сильными пружинами и легко разбивающимися перегородками, которые должны были ослабить силу толчка при выстреле. Захватили съестных припасов на год и воды на несколько месяцев, газа на несколько

* В романе он фигурирует под именем Ардана, — прозрачный псевдоним известного французского аэронавта и фотографа Надара (Феликса Турнашона), который и послужил праобразом этого персонажа. *Я. П.*

дней. Особый автоматический аппарат изготовлял и доставлял воздух, необходимый для дыхания трем путешественникам.

«1 декабря в назначенный час в присутствии необычайного скопления зрителей начался полет, — и в первый раз три человеческих существа, покинув земной шар, понеслись в мировое пространство с полной уверенностью, что достигнут своей цели».

Первое, что предстоит нам обсудить, конечно, вопрос о том, насколько реальна самая идея закинуть пушечное ядро на Луну. Мысль о возможности бросить тело с такой скоростью, которая навсегда унесла бы его с Земли, кажется многим совершенно нелепой. Большинство людей привыкло думать, что всякое брошенное тело непременно должно упасть обратно. Таким людям идея Жюля Верна о посылке ядра на Луну представляется абсурдной и беспочвенной. Мыслимо ли, в самом деле, сообщить земному телу такую скорость, чтобы оно безвозвратно покинуло нашу планету? Механика дает на этот вопрос безусловно положительный ответ.

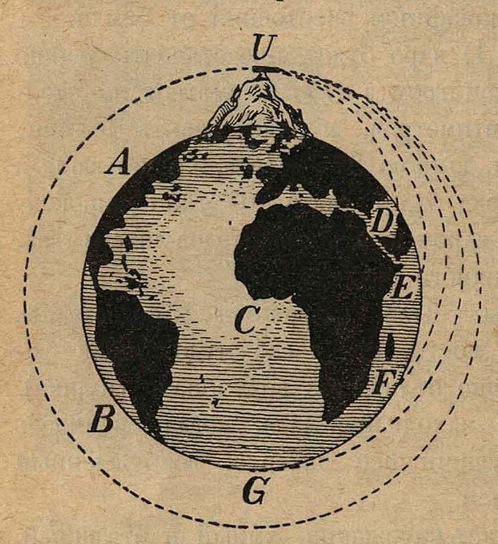


Рис. 8. Пушка, стреляющая с воображаемой горы (по Ньютону).

Предоставим слово Ньютону. В своих «Математических началах физики», фундаменте современной астрономии, он писал (книга I, отд. I, определение V):

«Если свинцовое ядро, брошенное горизонтально силою пороха из пушки, поставленной на вершине горы, отлетает по кривой — прежде чем упасть на землю — на две мили, то (предполагая, что сопротивления воздуха нет) если бросить его с двойною скоростью, оно отлетит приблизительно вдвое

дальше; если с десятикратною, то в десять раз. Увеличивая скорость, можно по желанию увеличить и дальность полета и уменьшить кривизну линии, по которой ядро движется, так что можно бы заставить его упасть в расстоянии 10°, 30° и 90°, можно заставить его окружить всю Землю и даже уйти в небесные пространства и продолжать удаляться до бесконечности».

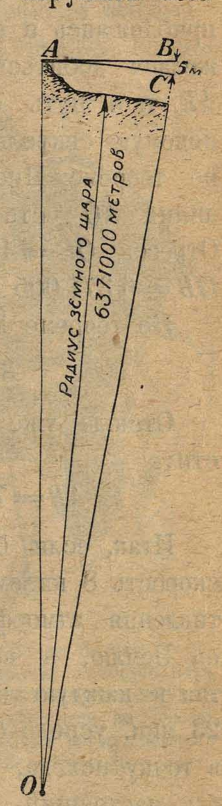


Рис. 9. Вычисление скорости ядра, которое должно навсегда покинуть Землю.

Итак, ядро, извергнутое воображаемой Ньютоновой пушкой, при известной скорости безостановочно кружилось бы около нашей планеты, наподобие крошечной Луны. Мы можем вычислить, какая начальная скорость нужна для такого полета ядра. Вычисление это (если пренебречь сопротивлением атмосферы) настолько же просто, насколько любопытен его результат.

Чтобы найти искомую скорость, отдадим себе отчет в том, почему ядро, выброшенное пушкой горизонтально, падает в конце концов на Землю. Потому, что земное притяжение искривляет путь ядра — снаряд летит не по прямой линии, а по кривой, которая упирается в земную поверхность. Но если бы мы могли уменьшить кривизну пути ядра настолько, чтобы сделать ее одинаковой с кривизной шарообразной земной поверхности, то ядро никогда на Землю не упало бы, оно вечно мчалось бы по кривой, концентрической с окружностью нашей планеты. Этого можно добиться, сообщив ядру достаточную скорость, и мы сейчас определим, какую. Взгляните на рис. 9, изображающий разрез земного шара до центра. Снаряд выброшенный пушкой из точки *A* по касательной, спустя одну секунду был бы, скажем, в точке *B*,— если бы не действие земного притяжения. Тяжесть меняет дело, и под ее влиянием снаряд через секунду ока-

жется не в *B*, а ниже настолько, насколько всякое свободное тело опускается в первую секунду своего падения, т. е. на 5 метров. Если, опустившись на эти 5 метров, снаряд окажется над уровнем Земли равно настолько же, насколько и в точке *A*, то значит он летит параллельно земной поверхности, не приближаясь и не удаляясь от нее. Это и есть то, чего мы желаем добиться. Остается теперь вычислить лишь длину *AB*, т. е. путь снаряда в одну секунду; результат и даст искомую секундную скорость ядра. Вычисление выполняется по теореме Пифагора. В прямоугольном треугольнике *ABO* линия *AO* есть земной радиус, равный 6 371 000 метров. Отрезок $OC = AO$, отрезок $BC = 5$ метрам; следовательно, $OB = 6\,371\,005$ метра.

По теореме Пифагора имеем:

$$6\,371\,005^2 = 6\,371\,000^2 + AB^2.$$

Отсюда уже легко вычислить искомую величину скорости:

$$AB = 7\,900 \text{ метров (почти 8 километров)}.$$

Итак, если бы пушка могла сообщить ядру начальную скорость 8 километров в секунду, то, при отсутствии сопротивления атмосферы, такое ядро никогда не упало бы на Землю, а вечно обращалось бы вокруг нее. Пролетая в каждую секунду 8 километров, оно в течение 1 ч. 23 мин. успело бы описать полный круг и возвратилось бы в точку исхода, чтобы начать новый круг, и т. д. Это был бы настоящий спутник земного шара, наша вторая Луна, более близкая и более быстрая, чем первая. Ее «месяц» равнялся бы всего только 1 часу 23 минутам. Она мчалась бы в 17 раз быстрее, чем любая точка земного экватора, и если вы вспомните то, что сказано было выше об ослаблении тяжести вследствие вращения Земли (см. стр. 24), то вам станет еще яснее, почему ядро наше не падает на Землю. Мы знаем, что если бы земной шар вращался в 17 раз быстрее, то тела на экваторе целиком потеряли бы свой вес; скорость же нашего ядра — 8 километров в секунду — как раз в 17 раз больше скорости точек земного экватора.

Человеческой гордости должно льстить сознание, что мы имеем возможность — пока, правда, лишь теоретическую — подарить Земле хоть маленького, но все же настоящего спутника. Пылкий герой Жюль-Вернова «Путешествия на Луну», артиллерист Мастон, не без основания воскликнул, что в создании пушечного ядра человек проявил высшую степень могущества: «Создав пушечное ядро, человек сотворил подобие несущихся в пространстве небесных светил, которые в сущности те же ядра». Еще справедливее это сравнение с небесными светилами для того ядра, которое отсылается в мировое пространство. Это новое небесное тело, при своей миниатюрности, будет не хуже всех остальных подчиняться трем законам Кеплера, управляющим небесными движениями. Нужды нет, что пушечное ядро — предмет «земной»: оно превращается в настоящее небесное тело.

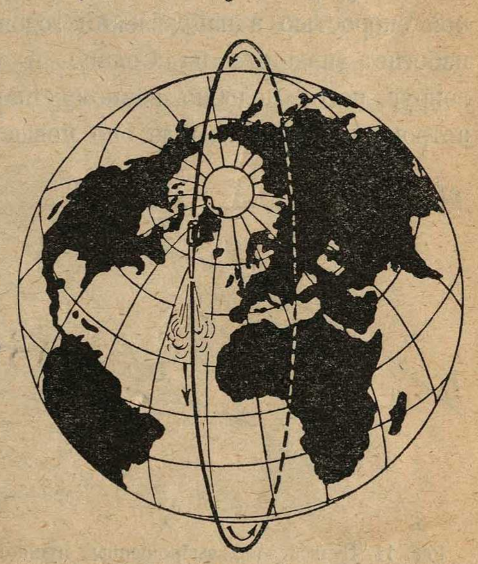


Рис. 10. Если выстрелить из пушки по горизонтальному направлению, сообщив ядру начальную скорость 8 километров в секунду, то ядро никогда не возвратится на Землю, а будет вечно обращаться вокруг земного шара наподобие спутника.

Итак, сообщив пушечному ядру начальную скорость 8 километров в секунду, мы превращаем его в маленькое небесное тело, которое, побеждая земное притяжение, уже не возвращается на Землю. Что же будет, если сообщить ядру еще бо̀льшую начальную скорость? В небесной механике доказывается, что при начальной секундной скорости в 8, в 9, в 10 километров ядро, горизонтально выброшенное пушкой, будет описывать около Земли не окружность, а эллипс — тем более вытянутый, чем значительнее начальная скорость; центр Земли занимает один из фокусов этого эллипса.

Когда же мы доведем начальную скорость приблизительно до 11 километров, эллипс превратится уже в незамкнутую кривую, — в параболу. Точнее говоря, он должен был бы превратиться в параболу, если бы Земля была единственным телом, притяжение которого влияет на путь нашего ядра. Могучее притяжение Солнца также действует на ядро и мешает ему удалиться в бесконечность. Брошенное с указанной скоростью в направлении годового движения Земли, ядро избегнет падения на Солнце и будет вечно обращаться вокруг него, подобно земному шару и другим планетам. В астрономическом смысле оно повысится в ранге: из спутника

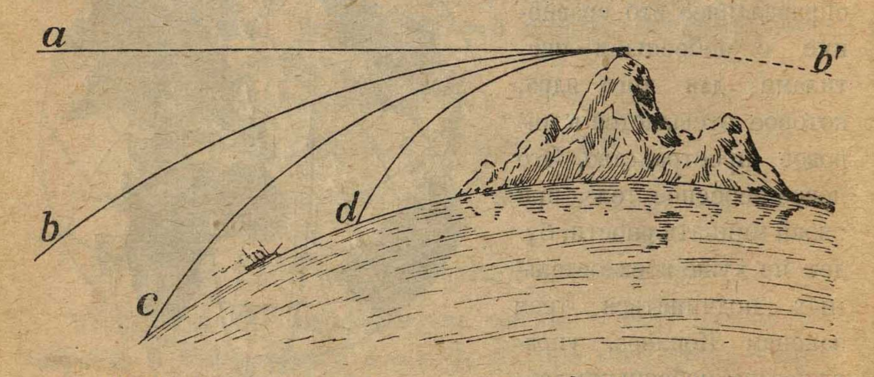


Рис. 11. Судьба ядер, выброшенных пушкой с весьма большой скоростью.

Земли превратится в спутника Солнца, в самостоятельную планету. Человеческая техника подарит солнечной системе нового миниатюрного члена.

Ради простоты, мы начали с рассмотрения тела, брошенного горизонтально. В небесной механике доказывается, однако, что те же выводы справедливы и для тела, брошенного под углом к горизонту, даже отвесно, как ядро в романе Жюля Верна. Во всех случаях при достаточной скорости, ядро покидает Землю навсегда и уносится в мировое пространство.

Вот какие чудесные возможности открывает перед нами теория. Что же говорит ее несговорчивая сестра — практика? В состоянии ли современная артиллерия осуществить эти возможности?

Пока еще нет. Самые могучие из наших пушек не в силах сообщить своим ядрам таких огромных скоростей. Снаряд современной сверх-дальнобойной пушки покидает жерло с начальной скоростью, достигающей около $1\frac{1}{2}$ километров. Это в семь раз медленнее, чем нужно, чтобы закинуть ядро с Земли на Луну.

Однако, не будем терять надежды. Переход от $1\frac{1}{2}$ к 7 не так уже значителен. Техника в победном шествии своем преодолела гораздо большую дистанцию, когда заменила древ-

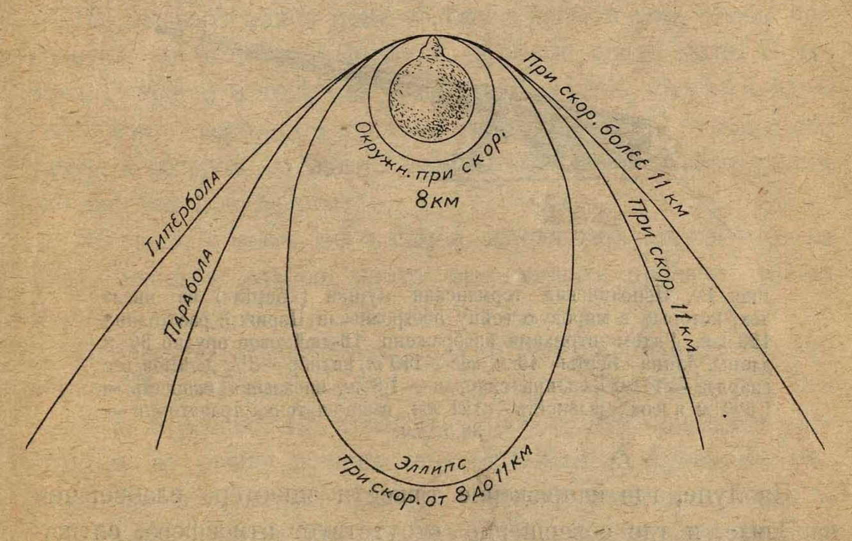


Рис. 12. Ядра-планеты. Какие пути описывают ядра, брошенные горизонтально со скоростью свыше 8 *км* в сек.

ние катапульты мощными орудиями современной артиллерии. Римские легионеры назвали бы безумцем всякого, кто сказал бы, что их потомки будут перебрасывать ядра в тонну весом на расстояние 40 и более километров. Едва ли даже Жюль Верн мог думать, что через полвека германцы будут обстреливать Париж с 120-километрового расстояния... Энергия, выбрасывающая снаряд из крупного орудия, в десять миллионов раз превышает энергию человека, невооруженной рукой бросающего камень. Если мы могли так головокружительно далеко превзойти силу первобытного дикаря, то ра-


БИБЛ. ПУБЛ. имени В. И. ЛЕНИНА

зумно ли ставить какие-нибудь границы дальнейшему росту могущества техники? Некоторые специалисты считают уже и теперь возможным достигнуть в артиллерии космических скоростей. «Если бы, — пишет один из исследователей заатмосферного летания (Макс Валье), — нашелся миллиардер, который взял бы на себя все расходы, то мы (немцы) могли бы поручить сооружение пушки для обстрела Луны тем инженерам, которые построили орудие, обстреливавшее Париж с 120-километрового расстояния».

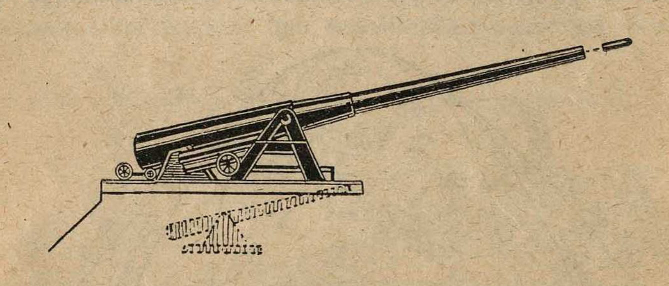


Рис. 13. Исполинская германская пушка («Берта») из числа тех, которые в мировую войну обстреливали Париж с расстояния 120 *км*. Рядом штрихами изображено 16-дюймовое орудие 30 *м* длины. Длина «Берты» 46 *м*, вес — 140 *т*, калибр — $8^1/_2$ дюймов, вес снаряда — 116 *кг*, длина снаряда — 1,8 *м*, начальная скорость — 1 600 *м* в сек., дальность — 121 *км*, высшая точка траектории — 38,5 *км*.

На Луне, где напряжение тяжести вшестеро слабее, чем на Земле, и где совершенно отсутствует атмосфера, служащая серьезным препятствием полету ядра, там для превращения ядра в спутник почти достаточна была бы одна из тех дальнобойных пушек, которыми наша техника уже располагает в данный момент (нужна начальная скорость 1,7 километра в секунду). А на спутнике Марса — на крошечном Фобосе — можно просто бросить камень рукой, чтобы он никогда уже не упал обратно.

Но мы живем не на Фобосе и не на Луне, а на Земле. Нам необходимо поэтому добиваться секундной скорости около 13 — 17 километров, чтобы иметь возможность перекидывать пушечные ядра на иные планеты.

VII. ИЗ ПУШКИ НА ЛУНУ.

Практика.

Мы проследили за тем ходом мыслей, который привел Жюля Верна к идее перебросить ядро на Луну. Если бы вопрос состоял только в этом, если бы мы искали способа установить между планетами своего рода небесную почту, отправлять в далекие миры посылки для неведомых адресатов, то задача решалась бы проектом Жюля Верна более чем удовлетворительно.

Но мы заботились пока только о ядре, о том, чтобы оно полетело достаточно быстро и достигло своей цели. Подумаем теперь и о том, что будет происходить внутри ядра. Ведь наше ядро — не простой артиллерийский снаряд; это вагон, в котором находятся живые существа. Какая участь ожидает их при полете?

Здесь-то, а вовсе не в самой мысли перекинуть ядро на Луну, кроется слабое место заманчивого проекта Жюля Верна.

Небывалое путешествие должно было пройти для пассажиров Жюля-Вернова ядра далеко не так благополучно, как описано в романе. Не думайте, впрочем, что опасность грозит им во время путешествия от Земли до Луны. Ничуть! Если бы пассажирам удалось остаться живыми к моменту, когда они покинут канал пушки, то в дальнейшем путешествии им нечего было бы уже опасаться. В океане вселенной нет ни бурь, ни волн, ни качки. Встреча с метеоритом весьма мало вероятна. А огромная скорость, с которой пассажиры летели бы в мировом пространстве вместе с их вагоном, была бы столь же безвредна для них, как безвредна для нас, обитателей Земли, та скорость в 30-километров в секунду, с какой мы мчимся вокруг Солнца.

Опасный момент для Жюль-Верновых путешественников представляют те несколько сотых долей секунды, в течение которых ядро-каюта будет двигаться в канале самой пушки. В этот ничтожно малый промежуток времени скорость движения пассажиров должна неимоверно возрасти: от нуля до

16 километров. * Герои романа были вполне правы, утверждая, что момент, когда ядро полетит, будет столь же опасен для них, как если бы они находились не внутри ядра, а прямо перед ним. Действительно, в момент выстрела нижняя площадка (пол) каюты должна ударить пассажиров с такой же силой, с какой обрушилось бы ядро на любое тело, находящееся снаружи его. Напрасно пассажиры воображали, что отделаются лишь сильными приливами крови к голове.

Дело неизмеримо серьезнее. Произведем несложный расчет. В канале пушки ядро движется ускоренно,— скорость его увеличивается под постоянным напором газов, образующихся при взрыве; в течение ничтожной доли секунды она возрастает от нуля до 16 километров. Как же велико «ускорение» этого движения, т. е. на какую величину нарастает здесь скорость в течение секунды? Нужды нет, что движение длится лишь малую долю секунды: расчет можно вести на целые секунды. Оказывается, ** что секундное «ускорение» ядра, скользящего в канале орудия, выражается огромным числом — 640 километров. Для сравнения напомню, что секундное ускорение трогающегося курьерского поезда — не более одного метра.

Но все значение этого числа — 640 километров в секунду — мы постигнем лишь тогда, когда сравним его с ускорением падающего тела на земной поверхности, составляющим всего лишь около 10 метров, т. е. в 64 000 раз меньше. Это значит, что внутри снаряда каждый предмет в момент выстрела придавливался бы ко дну ядра с силой, которая в 64 000 раз более веса самого предмета. Пассажиры почувствовали бы, что внезапно сделались в десятки тысяч раз тяжелее. Цилиндр мистера Барбикена один весил бы десяток тонн. Правда, это длилось бы всего 40-ю долю секунды, но можно не сомневаться, что под действием такой колоссальной тяжести люди были бы буквально расплющены. Бессильны все меры, принятые героями Жюля Верна для ослабления силы удара:

* Жюль Верн сообщил ядру такую скорость в расчете преодолеть не только силу тяжести, но и сопротивление атмосферы.

** См. расчеты в конце книги, в отделе Прибавлений.

пружинные буфера и двойное дно с водой. Продолжительность удара от этого, правда, растягивается, и, следовательно, быстрота нарастания скорости уменьшается. Но при тех огромных величинах, с которыми приходится иметь здесь дело, выгода получается ничтожная: сила, придавливающая пассажиров к полу, уменьшается на какую-нибудь сотую долю, не более.

Нет ли средств избегнуть при взрыве роковой быстроты нарастания скорости? *

Этого можно было бы достигнуть весьма значительным удлинением канала пушки. Легко убедиться вычислением (см. Прибавление 6-е), что, если, например, мы хотим, чтобы «искусственная» тяжесть внутри ядра в момент выстрела равнялась обыкновенной тяжести на земном шаре, нам нужно изготовить пушку длиною — ни мало, ни много — в 6 000 километров. Жюль-Вернова колумбиада должна была бы простираться в глубь земного шара до самого его центра, чтобы пассажиры были избавлены от всяких неприятностей: они почувствовали бы только, что стали вдвое тяжелее.

Надо заметить, что человеческий организм в течение весьма краткого промежутка времени без вреда переносит увеличение собственной тяжести в несколько раз. Когда мы скатываемся с ледяной горы вниз и здесь быстро меняем направление своего движения, то вес наш в этот краткий миг увеличивается раз в 10 (т. е. тело наше в десяток раз сильнее обычного прижимается к салазкам)... «Мне известен случай, — сообщает германский исследователь проблемы звездоплавания проф. Г. Оберт,— когда пожарный спрыгнул с 25-метровой высоты и упал в лежачем положении на натянутую простыню, вдавив ее на целый метр, и этот прыжок не имел для него никаких вредных последствий. Ускорение, которое он испытал во время удара, достигало 240 метров в секунду (в 24 раза больше нормального ускорения тяжести)». Если даже допустить, что человек может безвредно перено-

---

* В сущности это огромное ускорение есть лишь другое название для того, что мы именуем ударом ядра о препятствие.

сить в течение короткого времени 20-кратное увеличение своего веса, то для отправления людей на Луну достаточно будет отлить пушку в 300 километров длиною. Однако, и это мало утешительно, потому что подобное сооружение лежит за пределами технической достижимости. Не говорю уже о том, что извергающая сила такой непомерно длинной пушки должна значительно уменьшиться вследствие трения ядра в 300-километровом канале орудия.

Физика указывает и на другое средство ослабить силу удара. Самую хрупкую вещь можно уберечь от поломки при сотрясении, погрузив ее в жидкость равного удельного веса. Так, если заключить хрупкий предмет в сосуд с жидкостью такой же плотности и герметически закупорить его, то подобный сосуд можно ронять с высоты и вообще подвергать сильнейшим сотрясениям, при условии, разумеется, что сосуд остается цел, и хрупкий предмет от толчков почти не страдает. * Мы могли бы поэтому осуществить смелую затею Жюль-Верновых артиллеристов, если бы наполнили внутренность ядра соленой водой средней плотности человеческого тела, и в эту среду погрузили пассажиров, одетых в водолазные костюмы, с запасом воздуха. После выстрела, когда нарастание скорости прекратится и пассажиры приобретут скорость ядра, они могли бы уже выпустить воду и устроиться в каюте, не опасаясь неприятных неожиданностей. Их подстерегали бы, правда, другие удивительные, хотя и безвредные сюрпризы, которых Жюль Верн совершенно не предусмотрел, — но об этом мы побеседуем позднее (в гл. XVI).

---

* Мысль эта впервые высказана К. Э. Циолковским. «Известно, — пишет он, — что все слабое, нежно устроенное — зародыши, — природа помещает в жидкости или окружает ими... Возьмите стакан с водою, куриное яйцо и соль. Яйцо положите в воду, а соль подсыпайте в стакан до тех пор, пока яйцо не начнет подыматься со дна к поверхности воды. Тогда прибавьте немного воды, чтобы яйцо находилось в равновесии во всяком месте сосуда, т. е. чтобы оно, будучи на средней высоте, не поднималось кверху и не опускалось на дно. Теперь ударьте смело стаканом об стол настолько сильно, насколько позволяет крепость стекла, — и от этого яйцо в стакане не шелохнется. Без воды яйцо, конечно, и при самых слабых ударах моментально раскалывается. Опыты эти описаны мною в трудах Московского общества любителей естествознания за 1891 г.».

Итак, вот какой ряд затруднений нужно было бы преодолеть, чтобы осуществить в действительности заманчивый проект Жюля Верна:

1) Придумать способ метать снаряды со скоростью, всемеро большей, чем начальная скорость быстрейших современных ядер.

2) Соорудить пушку длиною километров в 300, или же герметически закупорить пассажиров в водяную ванну.

3) Поместить пушку так, чтобы жерло ее выступало за пределы земной атмосферы.

А в результате — отправиться в небесное странствование без малейшей надежды вернуться не только живым, но даже и мертвым: ведь одна только счастливая случайность дала возможность героям романа возвратиться на Землю. Жюль-Верново ядро — снаряд не управляемый, и чтобы дать ему новое направление, надо зарядить им пушку. А где взять пушку в мировом пространстве или на другой планете?

Невольно вспоминается глубокое изречение Паскаля: «Никто не странствовал бы по свету, если бы не надеялся когда-нибудь рассказать другим о том, что видел»... Именно этой надежды пушка Жюля Верна нам не оставляет.

VIII. К ЗВЕЗДАМ НА РАКЕТЕ.

После ряда разочарований мы подходим, наконец, к единственному, действительно осуществимому проекту межпланетных путешествий. Путь этот указан был впервые русским ученым К. Э. Циолковским (в 1903 г.) и стоит в стороне от всех фантастических замыслов, рассмотренных ранее. Здесь перед нами уже не фантазия романиста, не просто лишь любопытная задача из области небесной механики, а глубоко продуманный механический принцип, реальный путь к осуществлению заатмосферных полетов в управляемом снаряде — звездолете.

Ничто не может быть проще той мысли, которая положена в основу этого проекта — двигаться в пустых пространствах без всякой опоры. На первых уроках физики знако-

мимся мы с законом «действия и противодействия», иначе называемым «третьим законом Ньютона»: сила действия всегда вызывает равную ей силу противодействия. Эта-то последняя сила и поможет нам умчаться в бездны мироздания. Сила противодействия проявляется на каждом шагу,— быть может, именно потому мы и не отдаем себе ясного отчета в ее существовании; нужны особые обстоятельства, чтобы заставить мысль остановиться на ней.

Когда вы стреляете из ружья, вы чувствуете его «отдачу»: давление взрывных газов отбрасывает пулю в одну сторону и с равною силою отталкивает ружье в обратную сторону. Если бы ружье весило столько же, сколько и пуля, приклад ударял бы стреляющего с такою же скоростью, с какою ударяет пуля, выпущенная в упор; каждый стрелок был бы тогда самоубийцей. Но ружье значительно тяжелее пули, и во столько же раз ослабляется действие его возвратного удара. Когда снаряд в полтонны весом извергается со скоростью 800 метров в секунду орудием линейного корабля, весящего 20 000 тонн, то сам корабль отталкивается в обратную сторону со скоростью, составляющую $\frac{1}{40\,000}$ от 800 метров, т. е. всего лишь 2 сантиметра в секунду. Надо вообще помнить, что действие силы на тело зависит от массы этого тела: одна и та же сила сообщает грузному телу меньшую скорость, чем легкому (соответственно обратному отношению их масс). Закон «равенства действия и противодействия» не следует понимать буквально: само *действие* почти никогда не равно противодействию, равны лишь действующие при этом *силы*, могущие вызвать весьма различные результаты.

Наблюдая падение яблока на Землю, не думайте, что земной шар остается неподвижным, нарушая закон противодействия. Притяжение и здесь взаимное: сила действия Земли на яблоко вызывает точно такую же силу противодействия. Яблоко и Земля, в сущности, *падают друг на друга*, влекомые равными силами; но так как масса земного шара неизмеримо больше массы яблока, то скорость «падения» Земли неизмеримо меньше скорости падения яблока. Практи-

чески Земля остается неподвижной, и наблюдается лишь движение яблока.

Этот-то закон, впервые провозглашенный великим Ньютоном, открывает перед нами возможность свободно двигаться, ни на что не опираясь. Перемещаться, ни от чего не отталкиваясь, одними лишь внутренними силами — не звучит ли это так, как поднятие самого себя за волосы, по анекдотическому способу барона Мюнхгаузена? Но сходство — чисто внешнее. По существу разница здесь огромная, и насколько бесполезно поднимать себя за волосы, настолько действителен способ движения по принципу отдачи. Природа давно уже осуществила такое перемещение для многих живых существ. Каракатица набирает воду в жаберную полость и затем энергично выбрасывает струю воды через особую воронку впереди тела; вода устремляется вперед, а сама каракатица получает обратный толчок, отбрасывающий ее назад; направляя трубку воронки вбок или назад, животное может таким своеобразным способом двигаться в любом направлении. Подобным же образом перемещают свое тело медузы, сальпы, личинки стрекоз и многие другие обитатели вод. Пользуется этим приемом и человеческая техника: вращение водяных и так наз. реакционных паровых турбин тоже основано на законе противодействия.

Нигде, однако, интересующий нас способ перемещения не проявляется так наглядно, как при полете обыкновенной ракеты. Сколько раз любовались вы ее эффектным взлетом,— но приходило ли вам в голову, что вы видите перед собой уменьшенное подобие будущего межзвездного дирижабля? А между тем еще гениальный Гаусс предрекал ракете в будущем великое значение, более важное, чем открытие Америки...

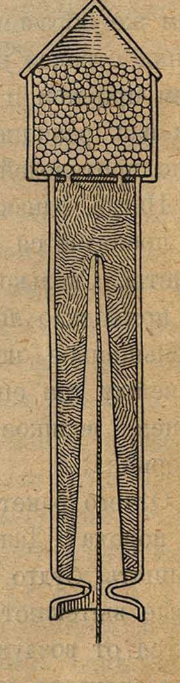
Отчего ракета взлетает вверх при горении наполняющего ее пороха? Даже среди людей науки приходится нередко слышать, будто ракета летит вверх потому, что газами, которые вытекают из нее при горении пороха, она «отталкивается от воздуха». На самом же деле воздух не только не обусловливает движения ракеты, но даже мешает ему: в

Рис. 14. Устройство ракет.

Пиротехническая ракета состоит из картонной или жестяной трубки (гильзы), наполненной медленно сгорающим порохом. На нижнем рисунке пороховой заряд, предназначенный для движения ракеты, имеется лишь в нижней части трубки; в головной части помещен другой заряд, не обусловливающий подъема ракеты и предназначенный для чисто пиротехнических эффектов (для разбрасывания разноцветных светящихся шариков). Близ нижнего конца ракетной трубки имеется сужение; сквозь него проходит внутрь гильзы шнурок для зажигания ракеты. Для равновесия к ракете прикрепляют продольно длинную палочку, мешающую ей перевертываться при взлете.

Для заряжения ракет употребляется исключительно черный порох, притом не зернистый, а прессованный, в виде плотной массы, могущей сгорать только на своей свободной поверхности. Бездымные пороха (пироксилин, нитроглицерин и др.) для ракет не пригодны, — они сгорают чересчур быстро.

Подобного рода заряженные порохом ракеты были в употреблении у китайцев еще в первые века нашей эры, — ранее нежели порох стал применяться для пушек. Через Индию ракеты в средние века проникли в Европу, применялись для декоративных целей, но затем были забыты. В XVIII веке индусы, восставшие против англичан, пользовались бамбуковыми ракетами для поджигания неприятельских военных запасов. Англичане переняли у них это оружие и усовершенствовали его. В начале XIX века почти во всех армиях имелись жестяные ракеты, несущие с собою зажигательные бомбы или картечь. При Наполеоне I и позднее, до 50-х гг. XIX века, употреблялись ракеты с зарядом в 20 *кг*, перебрасывавшие 50-килограммовые бомбы на 2-3 *км*. Позже всего удерживалась ракетная артиллерия в австрийской армии (до 1866 г.).



В настоящее время тяжелые ракеты находят себе применение главным образом в морском деле: при оказании помощи судну, севшему на мель, на него перебрасывают помощью ракеты шнур, к которому привязан конец троса, служащего для связи судна с берегом.

безвоздушном пространстве ракета должна лететь быстрее, чем в атмосфере. Истинная причина движения ракеты состоит в том, что, когда пороховые газы стремительно вытекают из нее вниз, сама трубка ракеты, по закону противодействия, отталкивается вверх. Очень наглядно объяснены механические условия такого полета в предсмертной записке известного революционера-первомартовца Кибальчича, о котором у нас еще будет речь. Он писал:

«Представьте себе, что мы имеем из листового железа цилиндр, закрытый герметически со всех сторон и только в нижнем дне своем заключающий отверстие. Расположим по оси этого цилиндра кусок прессованного пороха и зажжем его. При горении образуются газы, которые будут давить на всю внутреннюю поверхность цилиндра. Но давления на боковую поверхность цилиндра будут взаимно уравновешиваться, и только давление газов на закрытое дно цилиндра не будет уравновешено противоположным давлением, так как с противоположной стороны газы имеют свободный выход через отверстие. Если цилиндр поставлен закрытым дном кверху, то при известном давлении газов цилиндр должен подняться вверх». — Прилагаемые чертежи поясняют сказанное.

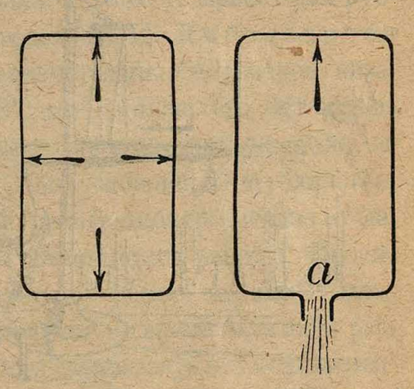


Рис. 15. Схема действия газов внутри ракеты.

При горении пороха ракеты происходит в сущности то же, что и при выстреле из пушки. Ядро летит вперед, пушка отталкивается назад. Если бы пушка висела в воздухе, ни на что не опираясь, она после выстрела устремилась бы назад со скоростью, которая во столько раз меньше скорости ядра, во сколько раз ядро легче пушки. Ракета выбрасывает не ядро, а газообразные продукты взрыва; скорость и масса этих газов так значительны, что «отдача» ракеты заставляет

ее быстро взлетать вверх. Все время, пока происходит горение пороха, скорость ракеты возрастает; к прежней скорости непрерывно прибавляется новая, * да и сама ракета, теряя свои горючие запасы, становится легче и потому заметнее поддается действию силы.

Опишу несложный прибор, действие которого объясняется тем же принципом. Прибор нетрудно устроить самому. Он наглядно убеждает в существовании силы, которая должна увлекать ракету в сторону, противоположную истечению газов. Стеклянный сосуд (рис. 16) подвешен к подставке на нитях. В сосуд наливают воды и подставляют под него горелку. Когда вода закипит, пар будет струйкой выбиваться из сосуда, сам же сосуд при этом откачнется в обратную сторону. Но очутившись вне пламени, реторта скоро охладится; вода перестанет кипеть, пар больше выбиваться не будет, и сосуд вернется в прежнее положение. Опять начнется кипение, опять реторта откачнется, и т. д. Сосуд будет качаться, как маятник («тепловой маятник» Целльнера). Ньютон, говорят, проектировал устройство самодвижущегося экипажа, устроенного подобным же образом, т. е. в сущности то, что выполнено теперь строителями ракетного автомобиля (см. далее, рис. 41).

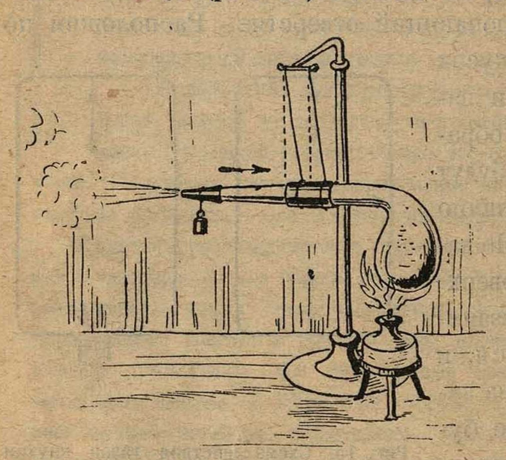


Рис. 16. Тепловой маятник Целльнера (подробности в тексте).

Однако, вернемся к ракете и к идее межпланетного корабля. Когда порох в ракете весь выгорит, пустая ракетная трубка, пролетев еще немного по инерции, падает обратно

* Ускорение, с каким движется вверх пиротехническая ракета, в десятки раз больше ускорения земной тяжести.

на землю: ее скорость недостаточна для окончательного преодоления силы тяжести. Но вообразите ракету в десятки метров длиною, снабдите ее таким запасом горючего, чтобы она успела накопить секундную скорость в 11 километров (эта скорость, мы знаем, достаточна, чтобы безвозвратно покинуть Землю), — тогда цепи земного тяготения будут разорваны. Способ странствовать в мировом пространстве найден.

Вот физические соображения, приводящие к мысли об устройстве летательного аппарата, способного двигаться не только в атмосфере, но и за ее пределами. Впервые идея подобного аппарата — правда, для земных, а не для межпланетных полетов — была высказана в 1881 г. известным русским революционером-изобретателем Н. И. Кибальчичем в проекте, составленном этим замечательным человеком незадолго до казни. В течение 37 лет записка его оставалась погребенной в архивах царского департамента полиции, и лишь в 1918 г., когда проект был, наконец, опубликован, стало известно, что знаменитый революционер мечтал о летательном снаряде, построенном на принципе ракеты. Проект Кибальчича был высказан им лишь в форме основной идеи: «Будучи на свободе, я не имел достаточно времени, чтобы разработать свой проект в подробностях и доказать его осуществимость математическими вычислениями», писал он. * Гораздо полнее и обстоятельнее разработана та же мысль другим русским ученым, физиком К. Э. Циолковским, создавшим идею настоящего межпланетного дирижабля — звездолета. По тому же пути, независимо от русских изобретателей, пошли на Западе и другие исследователи. **

Снаряд К. Э. Циолковского — не что иное, как огромная ракета с каютой для пассажиров. «Представим себе, — писал он еще в 1903 г., — такой снаряд: металлическая продолговатая камера, снабженная светом, кислородом, поглотителями углекислоты и других животных выделений, предназна-

* См. Прибавление 7-е в конце книги.

** Подробнее о механике движения ракеты и о работах по созданию ракетного корабля для заатмосферных полетов мы говорим в особых главах этой книги и в Прибавлениях.

чена не только для хранения разных физических приборов но и для управляющего камерой разумного существа. Камера имеет большой запас веществ, которые при своем смешении тотчас же образуют взрывчатую массу. Вещества эти, правильно и равномерно взрываясь в определенном для того месте, текут в виде горячих газов по расширяющимся трубам. В расширенном конце, сильно разредившись и охладившись от этого, они вырываются наружу через раструбы с громадною скоростью. Понятно, что такой снаряд, при известных условиях, должен подниматься в высоту». Люди в этом аппарате будут при помощи особого механизма направлять истечение газов в любую сторону. Это будет настоящий управляемый космический корабль, на котором можно умчаться в беспредельное мировое пространство, полететь на Луну и к другим планетам... Пассажиры могут посредством многих отдельных мелких взрывов увеличивать скорость своего звездолета с необходимой постепенностью, чтобы возрастание ее было безвредно для них.

Мы еще вернемся к подробному описанию проектов подобного рода, а пока отметим существеннные преимущества, которыми обладает звездолет К. Э. Циолковского по сравнению с пушечным ядром Жюля Верна. Прежде всего, сооружение его, конечно, гораздо осуществимее, нежели исполинской пушки Жюля Верна. Затем звездолет развивает свою чудовищную скорость не сразу, как пушечное ядро, а постепенно, избавляя пассажиров от опасности быть раздавленными стремительным возрастанием их собственного веса.

Не опасно для ракетного звездолета и сопротивление воздуха: аппарат прорезает атмосферу не с космическою скоростью, но, например, со скоростью современной пули — полную же межпланетную скорость развивает лишь очутившись уже за пределами воздушной оболочки. Там, в мировом пространстве взрывание может быть совершенно прекращено: звездолет умчится по инерции со скоростью, которая будет убывать лишь под действием земного притяжения. Он может мчаться так, без затраты горючего вещества, миллионы километров, и лишь для перемены направления полета,

для изменения скорости или для ослабления удара при высадке на планету понадобится снова пустить в действие взрывной механизм.

Но самое главное преимущество ракетного звездолета состоит в том, что он даст будущим морякам вселенной возможность, обогнув Луну или посетив какую-нибудь малую планету, в желаемый момент снова возвратиться на родную Землю. Нужно лишь обильно запастись взрывчатыми веществами, как полярные путешественники запасаются топливом.

Некоторую опасность представляет разве встреча с крупным метеоритом, — с одним из тех космических камней, которые стремительно прорезают во всех направлениях пустыни межпланетного пространства. Расчет показывает, однако, что, если только ракета не очутится в метеорном потоке — чего возможно избежать, — вероятность встречи с метеоритом опасных размеров крайне ничтожна (к метеорной опасности мы еще вернемся в другом месте).

Так заманчивая мечта о достижении иных миров, о путешествии на Луну, астероиды, к Марсу может превратиться, наконец, в реальную действительность. Воздух для дыхания не трудно будет взять с собой (в виде сжиженного кислорода), как и аппараты для поглощения выдыхаемой углекислоты. Вполне мыслимо также снабдить небесных путешественников достаточным запасом пищи, питья и т. п. С этой стороны не предвидится серьезных препятствий для межпланетного путешествия.

Высадка на Луну, на малую планету или на один из мелких спутников больших планет, — если только поверхность их в таком состоянии, что делает спуск возможным, — будет лишь вопросом достаточного количества взрывчатых веществ. Надлежаще направленными взрывами можно уменьшить огромную скорость снаряда настолько, чтобы падение его совершилось плавно и безопасно. Но надо иметь еще в запасе достаточно взрывчатого вещества, чтобы вновь покинуть это временное пристанище, преодолеть силу притяжения планетки и пуститься в обратный путь с достаточным запасом для спуска на Землю.

В особых непроницаемых костюмах, в роде водолазных, будущие Колумбы вселенной, достигнув планеты, смогут рискнуть выйти из небесного корабля. С запасом кислорода в металлическом ранце за плечами будут они бродить по почве неведомого мира, делать научные наблюдения, изучать его природу, мертвую и—если такая имеется—живую, собирать коллекции... А более далекие экскурсии они смогут совершать в наглухо закрытых автомобилях, привезенных с со-

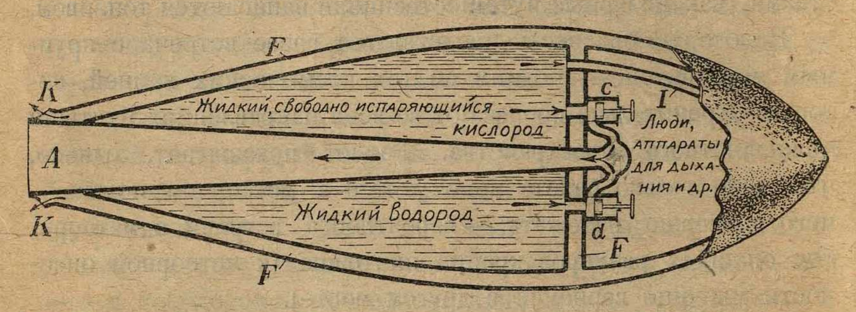


Рис. 17. Схематический набросок проекта межпланетного дирижабля Циолковского (в разрезе).

Труба *A* и камера из прочного тугоплавкого металла покрыты внутри еще более тугоплавким металлом,—напр., вольфрамом. *c* и *d* — насосы, накачивающие жидкий кислород и водород в камеру взрывания. «Ракета» имеет еще вторую, наружную тугоплавкую оболочку. Между обеими оболочками есть промежуток *FF*, в который устремляется испаряющийся жидкий кислород в виде очень холодного газа; он препятствует чрезмерному нагреванию обеих оболочек от трения при быстром движения «Ракеты» в атмосфере. Жидкий кислород и такой же водород разделены друг от друга непроницаемой стенкой (не изображенной на чертеже). *I* — труба, отводящая испаренный холодный кислород в промежуток между двумя оболочками; он вытекает наружу через отверстие *KK*. У отверстия трубы *A* имеется (не изображенный на чертеже) руль.

бой. «Стать на почву астероидов, поднять рукой камень с Луны, наблюдать Марс на расстоянии нескольких десятков километров, высадиться на его спутник или даже на самую его поверхность, — что, повидимому, может быть фантастичнее? Однако только с момента применения ракетных приборов начнется новая великая эра в астрономии: эпоха более пристального изучения неба» (Циолковский).

К. Э. Циолковский не дает конструктивного проекта своего звездолета, считая необходимым предварительную, более детальную разработку его идеи с принципиальной стороны. Но в виде наглядного примера одной из возможных форм осу-

ществления основного принципа, привожу набросанный им, по моей просьбе, схематический чертеж проектируемого снаряда (рис. 17) и краткое, составленное им же, пояснение:

«Снаряд имеет снаружи вид бескрылой птицы, легко рассекающей воздух. Большая часть внутренности занята двумя веществами в жидком состоянии: водородом и кислородом. Они разделены перегородкой и соединяются между собой только мало-по-малу. Остальная часть камеры, меньшей вместимости, назначена для помещения наблюдателя и разного рода аппаратов, необходимых для сохранения его жизни, для научных наблюдений и для управления. Водород и кислород, смешиваясь в узкой части постепенно расширяющейся трубы, соединяются химически и образуют водяной пар при весьма высокой температуре. Он имеет огромную упругость и вырывается из широкого отверстия трубы с ужасающей скоростью по направлению трубы или продольной оси камеры. Направление давления пара и направление полета снаряда прямо противоположно». Подробнее о звездоплавательных планах К. Э. Циолковского у нас будет речь в особой главе.

IX. МЕХАНИКА ПОЛЕТА РАКЕТЫ.

Авиация развилась из детской игрушки — из бумажного змея. Звездоплавание, летание в пустоте мирового пространства, рождается из другой игрушки — из ракеты. И как не все могут правильно объяснить, почему змей, увлекаемый бечевкой вперед, поднимается вверх, так многие не знают истинной причины полета ракеты. Распространенное мнение усматривает причину ее движения в том, что она отталкивается от окружающего ее воздуха посредством вытекающих из нее газов. Если бы было так, ракета столь же мало годилась бы для управляемого полета вне атмосферы, как и аэроплан или дирижабль: в пустом мировом пространстве нет никакой среды, которая могла бы дать опору вытекающим из ракеты газам.

Мы уже говорили, что приведенное мнение, при всем его кажущемся правдоподобии, — совершенно ошибочно. Окру-

жающая среда не только не обусловливает движения ракеты, но, напротив, мешает ему проявиться в чистом виде. В пустом пространстве ракета двигалась бы еще быстрее, чем в атмосфере. Это — заметим для неверующих в теорию — доказано и на опыте (американским физиком Годдардом).

Ракета — прибор вообще своеобразный, непривычный для большинства людей. С теорией его движения мало кто знаком вне тесного круга специалистов. Между тем, необходимо поближе познакомиться с механикой ракеты, с условиями ее движения, чтобы сознательно разбираться в вопросах звездоплавания.

Первый пункт нашего рассмотрения касается источника энергии ракеты. Для движения ракеты необходимо, чтобы в ней нечто сгорало (взрывалось) и чтобы газообразные продукты горения с большой скоростью устремлялись по одному направлению. Какое же вещество всего выгоднее брать в качестве материала для горения (взрыва)? Конечно, такое, которое даст продуктам своего сгорания наибольшую скорость. Можно теоретически вычислить, какая наибольшая скорость отброса должна получаться при сгорании того или иного вещества. Расчет основан на допущении, что тепловая энергия, развиваемая при сгорании, полностью превращается в живую силу поступательного движения молекул газа; при таком допущении энергия горючего максимально используется на движение ракеты.

Произведем примерное вычисление скорости для водорода, сгорающего в чистом кислороде. Чтобы проследить за этим расчетом, достаточно знания школьного курса физики.

Известно из опыта, что 1 грамм водорода, сгорая в чистом кислороде, выделяет 26 000 малых калорий тепла * и образует 9 граммов водяного пара. Каждому грамму продукта горения сообщается $\frac{26\,000}{9}$, т. е. 2 900 малых калорий. Если бы вся

* Часто указывают большее число — 28 800 малых калорий, не учитывая того, что при высокой температуре горения водорода около 10% образующегося водяного пара разлагается (диссоциирует) и реакция сгорания не доходит до конца.

эта тепловая энергия полностью перешла в энергию поступательного движения газовых частиц, то каждый грамм отбрасываемых газов обладал бы энергией в $2\,900 \times 42\,700\,000$ эргов, потому что одна малая калория тепла, превращаясь полностью в механическую работу, дает 42 700 000 эргов. С другой стороны, если скорость частиц отбрасываемого газа равна v, то живая сила каждого грамма этого газа равна $\frac{v^2}{2}$. Имеем, следовательно:

$$\frac{v^2}{2} = 2\,900 \times 42\,700\,000,$$

откуда легко найти, что $v = 4\,970$ метрам. Мы узнали, значит, что наибольшая скорость отброса, какую можно надеяться получить при сжигании водорода в ракете, равна круглым числом 5 километрам в секунду. *

(К тому же результату мы пришли бы, если бы, зная температуру горения, вычислили скорость движения молекул по формулам кинетической теории газов.)

Подобным же расчетом находим теоретическую скорость вытекания газов для других горючих и взрывчатых веществ:

Бензин, керосин, нефть	4 300	метров
Нитроглицерин	3 600	»
Пироксилин	2 900	»
Черные пороха	2 700	»

Практически же удавалось пока получать следующие скорости: для порохов разных сортов 2 200 — 2 400 метров (опыты Годдарда), для смеси паров бензина и воздуха — 1 700 *м*, для паров спирта с кислородом — до 2 200 *м*, для гремучего газа, т. е. смеси водорода с кислородом — 4 000 *м*

---

* Эсно-Пельтри, французский теоретик звездоплавания, считает (как и К. Э. Циолковский), что еще большей скорости можно ожидать от воссоединения недавно открытого одноатомного водорода: теория дает здесь скорость 12 000 *м* в секунду. Но хотя тепловой энергией воссоединения атомного водорода пользуются уже практически для сварки металлов, вещество это еще настолько мало изучено, что говорить о его применении в ракете преждевременно. Тем более не приходится говорить пока и об использовании для ракеты энергии радиоактивного распада.

(опыты Оберта); есть основание надеяться достичь в последнем случае и предельной цифры 5 000 *м.*

Сопоставляя эти данные, приходим к следующему, для многих, вероятно, неожиданному, выводу: самыми могучими источниками энергии для ракеты являются не сильно-взрывчатые вещества, как порох, пироксилин, нитроглицерин, а такие «мирные» горючие вещества, как водород или нефть. Взрывчатые вещества имеют ту особенность, что они освобождают заключающуюся в них энергию почти мгновенно — во много раз быстрее, чем, например, смесь нефти и кислорода. Но как сейчас увидим, продолжительность сгорания не влияет на величину окончательной скорости, приобретаемой ракетой (в среде без тяжести).

Мы подошли ко второму пункту динамики ракеты: к вопросу о том, от каких обстоятельств зависит окончательная скорость ракеты и — что не менее важно уяснить себе, — от каких обстоятельств она *не* зависит. Теоретический вывод этих соотношений дан в конце книги, в Прибавлении 3-м. Здесь приводим лишь окончательный результат.

Математический анализ устанавливает, что в среде без тяжести (для простоты отвлекаемся пока от тяжести) окончательная скорость, приобретаемая ракетой после взрывания запасов ее горючего, зависит только от двух обстоятельств:

1) от той скорости, с какой вытекают из ее трубы газообразные продукты взрывания;

2) от отношения первоначальной массы ракеты к ее окончательной массе, т. е. от отношения массы ракеты до взрывания к массе ее после взрывания.

Ни от каких других причин окончательная скорость ракеты (в среде без тяжести) не зависит. Это — замечательный результат. Оказывается, что продолжительность и порядок взрывания нисколько не влияют на величину приобретаемой ракетой скорости: «Происходит ли горение равномерно или нет, длится ли оно секунды или тысячелетия — это все равно; даже перерывы ничего не значат» (Циолковский). Второй поучительный вывод тот, что скорость ракеты не обусловливается вовсе, как можно было бы ожидать, абсолютным ко-

личеством взорванных веществ; она зависит лишь от отношения массы этих веществ к массе незаряженной (вернее — разряженной) ракеты. Маленькая ракета, заряженная несколькими граммами горючего, может приобрести такую же окончательную скорость, как и исполинская ракета с запасом в сотни или тысячи тонн взрывчатых веществ, — если только окончательная масса ракеты в обоих случаях составляет одинаковую долю первоначальной.

Здесь уместно будет остановиться на одном возражении против самой возможности звездоплавания, — возражении, которое высказывается даже в статьях серьезных авторов. Оно состоит в том, что на земном шаре не существует (да и не может существовать) такого горючего, которое способно было бы удалить себя с Земли в бесконечность своею собственной энергией. Килограмм наиболее теплотворного горючего — смеси водорода с кислородом — развивает 2 600 больших калорий; это соответствует в переводе на механическую энергию $2\,600 \times 427 = 1\,110\,000$ килограммометрам. Для перенесения же 1 *кг* с земной поверхности в бесконечность нужно затратить 6 400 000 килограммометров (см. главу III), т. е. в 6 раз больше. Отсюда делают вывод, что совершенно безнадежны стремления вырваться из цепей земного тяготения; все попытки в этом направлении обречены на полную неудачу.

Рассуждения такого рода основаны на непонимании особенностей ракеты как движущегося аппарата. Конечно, если бы помощью 1 *кг* горючего отсылался с Земли в бесконечность 1 *кг* вещества, то приведенное возражение было бы справедливо. Но космическая ракета расходует запас горючего, значительно превосходящий массу движущейся ракеты: энергией 1 *кг* горючего приводится в движение не 1 *кг*, а десятая или еще меньшая его доля. Поэтому изложенные выше доводы, бесспорные сами по себе, не могут иметь к ракете никакого отношения.

Обратимся теперь к языку математических символов, чтобы точнее представить условия движения ракеты. Начальную массу ракеты, т. е. массу ее вместе с запасом го-

рючего до взрывания, обозначим буквою M со знаком ноль (M_0). Массу же ракеты после израсходования запаса горючего, т. е. массу ненагруженной ракеты, обозначим буквою M без знака. Отношение первой массы ко второй, имеющее в данном случае столь важное значение, выразится дробью $\frac{M_0}{M}$. Введем также буквенные обозначения для скоростей. Скорость, с какою продукты взрыва удаляются от движущейся ракеты (т. е. так называемую относительную их скорость) обозначим через c. И, наконец, окончательную скорость, приобретаемую ракетой после взрывания, обозначим через v. Зависимость между этими четырьмя величинами в среде без тяжести устанавливается «уравнением ракеты»:

$$2{,}72^{\frac{v}{c}} = \frac{M_0}{M}.$$

В приведенной формуле,* повторим для ясности, v — скорость ракеты после взрывания, c — скорость вытекания взрывных газов относительно ракеты; M_0 — начальная масса ракеты, M — окончательная ее масса после взрыва. Что же касается числа 2,72, то знакомые с математикой, конечно, узнают в нем основание натуральных логарифмов (e=2,71828...). Впрочем, чтобы вычислять по этой формуле, нет надобности знать происхождение числа 2,72; необходимо лишь уметь обращаться с обыкновенными логарифмическими таблицами, хотя бы трехзначными. Те, кто обладают этим уменьем, смогут самостоятельно найти все результаты, которые мы сейчас сообщим; остальным придется принять их на веру.

Рассматривая эту формулу, мы прежде всего можем заключить, что при $\frac{v}{c} = 1$, т. е. при $v = c$, отношение $\frac{M_0}{M} = 2{,}72$. Это означает, что для сообщения ракете (в среде без тяжести) скорости, равной скорости вытекания из нее газов, первоначальная масса ракеты должна быть в 2,72 раза больше ее массы по окончании взрывания. Далее, при $\frac{v}{c} =$

* Первый вывел ее К. Э. Циолковский (в 1903 г.).

$= 2$, т. е. при $v = 2c$, отношение $\frac{M_0}{M} = 2{,}72^2 = 7{,}4$. Иначе говоря: для сообщения ракете скорости, превышающей скорость вытекания газов в 2 раза, первоначальная масса должна в 7,4 раза превосходить ее окончательную массу. Подобным же образом найдем, что для сообщения ракете трехкратной скорости вытекания ($v = 3c$) отношение $\frac{M_0}{M}$ должно равняться 20,1, и т. д. Вот табличка, содержащая эти числовые данные:

Таблица II.

Отношение масс ракеты до и после взрывания	2,72	7,4	20,1	54,6	148	403	2 200	49 200 000
Отношение скорости ракеты к скорости вытекания газов	1	2	3	4	5	6	10	20

Вы видите из этой таблички, как стремительно возрастает отношение масс ракеты заряженной и разряженной с увеличением приобретаемой ею скорости: при скорости ракеты впятеро превышающей скорость отбрасываемых газов масса заряженной ракеты должна превышать массу незаряженной в 148 раз, а при скорости еще вчетверо большей, чем эта, отношение становится уже чудовищно огромно — около 50 миллионов!

Понятно, что технически невозможно соорудить ракету, которая в незаряженном состоянии была хотя бы только в 100 раз легче, чем в заряженном. * Едва ли поэтому придется иметь на практике дело со скоростями ракеты, превышающими скорость вытекания из нее газов более, чем раза в 4, — по крайней мере, пока речь идет о ракете обычного устройства. Но в этих пределах нам понадобится несколько более подробная таблица, чем сейчас приведенная. **

* Интересно напомнить, что в керосиновой бочке содержимое весит в 13 раз больше тары, а в пчелиной ячейке мед в 60 раз тяжелее ее оболочки.

** Читатели-математики легко усмотрят, что верхняя строка таблицы III дает значения e^x при x равном числам нижней строки.

Таблица III.

Отношение масс ракеты до и после взрывания . . .	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2	3	4	5	6
Отношение скорости ракеты к скорости вытекания газов	0,09	0,18	0,26	0,34	0,4	0,7	1,1	1,4	1,6	1,8
Отношение масс ракеты до и после взрывания	7	8	9	10	11	20	30	50	100
Отношение скорости ракеты к скорости вытекания газов . .	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	3	3,4	3,9	4,6

Чтобы по этой таблице вычислять отношение масс ракеты до и после взрывания, необходимое для получения требуемой скорости, мы должны исходить из определенной скорости вытекания продуктов взрыва. Последняя определяется выбором горючего: для пороха она равна, как уже сказано, 2 300 *м* в секунду, для нефти ее можно надеяться довести до 4 000 *м*, для жидкого водорода — до 5 000 *м*. Что же касается окончательной скорости, то мы сделаем примерный расчет только для трех случаев: для кругового облета земного шара (необходимая скорость — 7 900 *м*), для отсылки ракеты на Луну 10 070 *м*) и для удаления ракеты из пределов солнечной системы (16 700 *м*).

Пусть мы желаем совершить на ракете круговой облет Земли, пользуясь порохом в качестве горючего. Берем отношение 7 900 : 2 300, т. е. 3,4, и ищем его в нижнем ряду таблицы III. Находим против него в верхнем ряду 30; значит, запас пороха должен быть таков, чтобы масса заряженной ракеты превышала массу разряженной в 30 раз. Желая долететь «на порохе» до Луны, берем отношение 10 070 : 2 300, т. е. 4,4. В нижнем ряду таблицы III число это должно находиться впереди последнего ее числа (4,6); значит, требуемое отношение масс больше 50. Чтобы определить его точнее, придется выполнить расчет по формуле

$$2{,}72^{\frac{v}{c}} = \frac{M_0}{M};$$

подставив $\frac{v}{c} = 4{,}4$, имеем.

$$\frac{M_0}{M} = 2{,}72^{4,4} = 81.$$

Так зарядить ракету практически невозможно. Если мы хотим понизить отношение масс, надо лететь на нефти или водороде. Для нефти имеем 10 070 : 4 000 = 2,5. Из таблицы III узнаем, что отношение масс в этом случае должно заключаться между 11 и 20. Вычисление же по формуле дает число 12: заряд должен быть таков, чтобы масса заряженной ракеты в 12 раз превосходила массу разряженной. При пользовании же в качестве горючего водородом, для полета до Луны достаточно сделать это отношение равным 7,4.

Следующая табличка вычислена на основании формулы

$$2{,}72^{\frac{v}{c}} = \frac{M_0}{M}.$$

Таблица IV.

Отношение массы заряженной ракеты к разряженной			
Назначение ракеты	Горючее:		
	Порох 2 300 *м*	Нефть 4 000 *м*	Водород 5 000 *м*
Круговой облет около земного шара (начальная скорость 7 940 *м/сек.*	30	7,3	4,9
Полет до Луны (начальная скорость 11 070 *м/сек.*	81	12	7,4
Вылет за пределы солнечной системы (начальная скорость 16 700 *м/сек.*)	1 100	67	27

Табличка эта дает представление о тех запасах горючего, которыми должна располагать ракета для выполнения определенных целей. Из дальнейших глав читатель узнает о тех способах, которые придуманы теоретиками звездоплавания для возможного уменьшения этих количеств.

Какое влияние должна оказать на движение взлетающей ракеты земная тяжесть? Вспомним, что действием зем-

ной тяжести все тела близ поверхности Земли падают с секундным ускорением около 10 *м*. Отсюда прямо следует, что если ракета под действием взрывания должна в среде без тяжести получить движение отвесно вверх с секундным ускорением 40 *м*, то, взлетая от Земли, она получит ускорение всего в 30 *м*. Далее, если собственное ускорение ракеты м е н ь ш е ускорения земной тяжести, то такая ракета вовсе не будет подниматься на Земле, как бы долго ни продолжалось взрывание и сколько бы горючего ни было израсходовано. Наконец, в случае р а в е н с т в а обоих ускорений ракета может неподвижно висеть над землей все время пока будет происходить взрывание, а по окончании его — упадет на землю.

Как видим, быстрота взрывания, обусловливающая нарастание скорости ракеты, определяет в среде тяжести судьбу ракеты; если взрывание ведется слишком медленным темпом, отлет ракеты вовсе не состоится. Математическое рассмотрение вопроса (оно приводится нами в конце книги) показывает, что в условиях тяжести скорость отвесного поднятия ракеты всегда несколько меньше той, какую получила бы ракета, израсходовав равный запас горючего в среде без тяжести. Чем больше собственное ускорение ракеты по сравнению с ускорением тяжести, тем меньше различие между скоростью ракеты в среде без тяжести и в условиях тяжести. Но так как человеческий организм может безопасно переносить не более чем 3-кратное увеличение земной тяжести, то при отлете с Земли придется практически весьма считаться с этим различием.

Кроме силы тяжести, отлету ракеты с поверхности Земли должна препятствовать и атмосфера. Мы не можем рассматривать в этой книге влияние сопротивления воздуха на движение ракеты — вопрос этот чересчур сложен. Ограничимся лишь указанием на то, что работа преодоления ракетой атмосферного сопротивления гораздо меньше, чем работа преодоления тяжести. При весе ракеты 10 *т*, площади поперечного сечения 4 *кв. м* и ускорении ее движения — 30 *м*, давление взрывных газов на нее будет равно 30 *т*; сопро-

тивление же атмосферы, по расчетам К. Э. Циолковского, при хорошо обтекаемой форме ракеты, не будет превышать 0,1 *т*. Как видим, сопротивление воздуха не вносит существенных изменений в картину полета ракеты.

Приведем в заключение числовые данные, характеризующие обыкновенную увеселительную ракету, — ту, которая применяется в пиротехнике. Они получены недавно (в лаборатории Общества звездоплавания в Бреславле) путем снятия индикаторной диаграммы, которая графически записала ход изменения возвратного давления ракеты. Вот результаты:

Полный вес ракеты	150 *г*
Вес горючего	15 *г*
Наибольшая скорость подъема	47 *м в сек.*
Наибольшая высота подъема:	
в пустоте	110 *м*
в воздухе	80 *м*
Ускорение	300 *м в сек.*
Скорость вытекания газов	450 *м в сек.*

Любопытно, что ускорение обыкновенной ракеты в 30 раз превосходит ускорение земной тяжести и в 10 раз больше того максимального ускорения, которое может без вреда для себя перенести человеческий организм.

X. ЗВЕЗДНАЯ НАВИГАЦИЯ.

Скорости, пути, сроки.

Первое, что требует разрешения при обсуждении условий звездоплавания — это вопрос скорости: какою скоростью необходимо снабдить отправляемый с Земли звездолет, чтобы он мог выполнить тот или иной межпланетный рейс? Некоторые из относящихся сюда числовых данных уже приводились в предыдущей главе. Мы знаем, что круговой облет земного шара осуществляется при начальной секундной скорости (за пределами атмосферы) в 7,9 *км*, а при начальной скорости 11,2 *км* звездолет совершенно освобождается от цепей земного тяготения. Земного, — но не солнечного. Ракета, которая ринется с Земли с такою скоростью в напра-

влении годового движения нашей планеты, превратится как бы в самостоятельную планету, кружащуюся не около Земли, а около Солнца со скоростью 30 *км* в секунду. Она сможет беспрепятственно удаляться от Земли по ее орбите, но не сможет еще уйти от власти Солнца, могучее притяжение которого будет удерживать ее на определенном расстоянии. Чтобы заставить ракету удалиться от Солнца, т. е. описывать более обширную орбиту, нужно увеличить ее скорость, либо же с самого начала бросить ее в пространство с увеличенною скоростью. Если мы желаем, чтобы звездолет мог свободно перемещаться по всей планетной системе и даже вовсе покинуть царство нашего Солнца, мы должны отослать его с Земли со скоростью 16,7 *км* в секунду. При скорости промежуточной между 11,2 *км* и 16,7 *км*, ракета сможет долететь до орбиты любой из планет нашей системы. Какая же минимальная скорость нужна для достижения с Земли той или иной планеты? Расчет * дает следующие цифры:

Таблица V.

Для достижения с Земли орбиты:	Необходима минимальная начальная скорость:
Меркурия	13,5 *км в сек.*
Венеры	11,4 » » »
Марса	11,6 » » »
Юпитера	14,2 » » »
Сатурна	15,2 » » »
Урана	15,9 » » »
Нептуна	16,2 » » »

Будущему звездоплавателю придется отчаливать не только с Земли. В далеких странствованиях с посещением других планет он должен будет взлетать на своем корабле с их по-

* Как выполняются подобные расчеты, показано в Прибавлении 4-м, в конце книги.

верхности. Какие понадобятся скорости для освобождения от их притяжения? Это можно вычислить, зная радиус планеты и напряжение тяжести на ее поверхности.* Результаты вычислений даны в следующей табличке:

Таблица VI.

Планета:	Необходимая начальная скорость
Земля	11,2 *км* в *сек.*
Луна	2,4 »
Марс	5 »
Венера	10,3 »
Меркурий	4,3 »
Юпитер	60 »
Сатурн	35 »
Уран	22 »
Нептун	23 »

Труднее всего было бы подняться с поверхности Солнца, если бы это могло понадобиться: для этого нужна секундная скорость в 618 *км.* Зато для поднятия с лунной поверхности достаточна скорость всего в 2,4 *км,* — лишь немногим меньшая той, с какою пушечные ядра покидали жерло «Берты» при бомбардировке немцами Парижа с расстояния 120 *км.* Установленная на поверхности Луны такая пушка была бы почти достаточна, чтобы бомбардировать Париж и оттуда.

Небесные тела, от которых всего легче отчаливать космическому кораблю — это астероиды и мелкие планетные спутники. Чтобы покинуть, например, поверхность одного из спутников Марса, — самых крошечных из известных нам планетных лун — достаточно было бы сообщить ракете начальную скорость всего лишь 20 *м* в секунду. Отсюда ясно, какое важное значение приобретут в будущем подобные

* В Прибавлении 4-м выведена соответствующая формула и сделан примерный расчет.

миниатюрные небесные тела в качестве удобных пристаней для временных стоянок космических кораблей.

Зато, с другой стороны, из таблички ясно, что высадка на Юпитер (с обратным взлетом с него) неосуществима при тех средствах, которые мы можем предвидеть. Действительно, для подъема с Юпитера нужна начальная скорость 60 *км* в секунду — в 12 раз большая, чем скорость вытекания газа в водородной ракете. Но если $\frac{v}{c} = 12$, то $\frac{M_0}{M} = 2{,}7^{12}$ = около 160 000. (См. уравнение ракеты.) Устроить ракету, в 160 тысяч раз более легкую, чем заключенный в ней запас горючего, — конечно, немыслимо. Вообще, посещение больших планет — Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна — вопрос, не разрешенный современной теорией звездоплавания.

От скоростей перейдем к маршрутам путешествий и к их продолжительности. С путями следования космических кораблей дело обстоит довольно своеобразно. Казалось бы, в просторе межпланетных пустынь самый естественный и выгодный путь — прямая линия. Где, как не в мировом пространстве, целесообразен был бы тот примитивный способ решения дорожного вопроса, помощью которого Николай I наметил некогда направление Октябрьской дороги — по линейке? Между тем, именно прямые направления явятся в звездной навигации редким исключением, правилом же будут пути кривые. Кратчайший в геометрическом смысле путь окажется в практике звездоплавания настолько невыгодным в смысле расходования горючего, что им совершенно невозможно будет воспользоваться.

Мы поймем происхождение этого парадокса, если вспомним что ракета, покидающая земной шар по направлению радиуса земной орбиты, сохраняет и ту скорость, какую имеет земной шар, т. е. 30 километров по направлению, перпендикулярному к радиусу. Если бы мы пожелали направить звездолет по кратчайшему пути на Марс в момент противостояния, то должны были бы прежде всего уничтожить 30-километровую скорость звездолета по касательной к земной орбите. Для уничтожения этой скорости нет в мировом про-

странстве другого средства, как сообщение ракете такой же скорости в противоположном направлении. Значит, еще до начала собственно полета на Марс звездолет должен развить скорость 30 *км* в секунду, для чего при нефтяном горючем потребовался бы запас его в 1500 раз тяжелее самой ракеты. Уже и это совершенно неисполнимо, — а ведь нужно еще иметь в запасе горючее для сообщения ракете значительной скорости по направлению к орбите Марса; и наконец, понадобится весьма много горючего для безопасного спуска на Марс, так как приблизившись под прямым углом к его движению, звездолет должен приобрести ту скорость, с какою Марс движется по орбите (24 *км* в сек.). Общий итог настолько колоссален, что неосуществимость подобного полета становится совершенно очевидной.

Сходные затруднения представятся при полете по прямому пути и к другим планетам, внешним или внутренним. Приходится поэтому отказаться от прямолинейных маршрутов и избрать иные пути. Как древние мореплаватели для передвижения парусных судов пользовались морскими и воздушными течениями, так звездоплаватели будут пользоваться притяжением Солнца, направляя свои корабли по путям, определенным законами небесной механики. А эти дороги — не прямые: естественный путь космического корабля — дуга эллипса, более или менее вытянутого. Как всякое небесное тело, звездолет будет двигаться по коническому сечению.

Рассмотрим сначала путешествие на соседние с нами планеты — Марс и Венеру. Лунные маршруты сложнее, и о них мы поговорим позднее.

Полет на Марс с наименьшим расходом энергии может быть осуществлен по эллиптическому пути, который охватывает земную орбиту и лежит внутри орбиты Марса, касаясь обеих орбит в начальной и конечной точках путешествия. Рис. 18 поясняет сказанное: *T* — положение Земли, *M* — положение Марса; эллипс *TM* — путь перелета. Ракета должна покинуть земной шар с такою скоростью, какая необходима, чтобы, подчиняясь законам небесной механики, направиться по эллипсу *TM*. Первоначальный запас скорости донесет ра-

кету до точки *M*, где (если надлежащим образом выбрать момент отправления) будет находиться Марс; обозрев Марс, не снижаясь на него, пассажиры умчатся в ракете по другой половине эллиптического пути к исходной точке *T*. Но найдут ли они здесь в момент прибытия родную планету? Нет, потому что все путешествие по такому маршруту займет 519 суток, и Земля окажется далеко от своего прежнего положения.

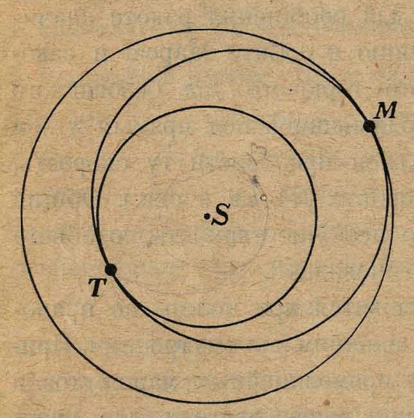


Рис. 18. Маршрут наивыгоднейшего перелета с Земли (*T*) на Марс (*M*). Продолжительность путешествия с Земли до Марса 259 суток.

Если пилот пожелает догнать Землю, не расходуя горючего, он должен будет предоставить звездолет его естественному движению по эллипсу и ждать встречи с Землею. Однако, и второе, и третье, и четвертое прибытие к исходной точке не будут утешительны. Нетрудно рассчитать, что звездолету понадобится сделать 7 межпланетных оборотов, затратив 10 лет времени, чтобы вновь встретиться с Землей в той единственной точке, в которой пути их сходятся: $7 \times 519 = 3626$ суток; $365\frac{1}{4} \times 10 = 3652$ (небольшую невязку придется исправить работой ракетного двигателя).

Едва ли, однако, окажется возможным странствовать в мировом пространстве целое десятилетие или столько же времени пребывать в состоянии спутника Марса, кружась около него. Поэтому обойтись без дополнительного расхода горючего в пути нельзя будет. Иначе понадобилось бы взять с собою огромные запасы провизии, которые обременят звездолет не меньше, чем запасы горючего.

Здесь предстоит, как видите, разрешить ряд трудных вопросов. Но как бы они ни были впоследствии решены, лететь на Марс придется во всяком случае не по прямому

пути в 60 миллионов километров, а по гораздо более длинному окружному пути, пользуясь даровою силою притяжения Солнца, нашего испытанного союзника в работе на Земле.

Подобным же образом можно заставить работать Солнце и при перелете на другую нашу соседку — Венеру. Здесь также надо избрать кружный путь, по эллипсу, который в этом случае будет касаться извне орбиты Венеры и изнутри — орбиты Земли. Путешествие в один конец по такому эллипсу продлится 147 с небольшим суток, а полный оборот — 295 суток. Возвращение же на Землю без расхода горючего возможно только через четыре года, после пяти оборотов ракеты: 4×365 близко к 5×295.

Впрочем, немецким теоретиком звездоплавания, инженером Гоманном, разработан проект более кратковременного путешествия к Венере (без высадки) с возвращением на Землю: при сравнительно небольшом дополнительном расходе горючего в пути общая длительность перелета может быть сведена к 1,6 года. Тем же исследователем предложен маршрут $1\frac{1}{2}$-годового путешествия с приближением к Марсу и к Венере (не ближе 8 миллионов *км*). Другой исследователь этого вопроса, немецкий инженер Пирке разработал маршруты, уменьшающие продолжительность перелета на Марс до 192 суток, а на Венеру — до 97 дней; но эти маршруты связаны с гораздо большим расходом горючего. При желании еще более ускорить путешествие на Венеру, можно избрать путь по эллипсу, касающемуся орбит Земли и Меркурия. Этот маршрут отнял бы всего 64 дня, но, конечно, был бы еще менее экономичен.

Обратимся теперь к лунным путешествиям и рассмотрим два проекта: первый — полет на Луну с высадкой на ней; второй — вылет за лунную орбиту с целью обозрения недоступной для нас «задней» стороны ночного светила. (Читателю, вероятно, известно, что Луна, обходя вокруг Земли, обращена к ней все время одной и той же своей стороной; противоположной стороны нашего спутника мы видеть не

можем, и о физическом ее устройстве нам ничего не известно.)

Полет на Луну с высадкой на ней может быть наиболее экономно осуществлен по тому плану, который разработан был еще Жюлем Верном. Ради сбережения горючего, надо направить ракету сначала по вытянутому эллипсу (рис. 19), один фокус которого совпадает с центром Земли, самая же удаленная от Земли точка находится в точке равного притяжения обоих небесных тел. (Для простоты мы считаем пока Луну неподвижной.) Путь по этому эллипсу в один конец, от Земли до точки A, ракета пролетит с запасом скорости, полученным при первоначальном взрывании, без дополнительного расхода горючего в дороге. Достигнув точки A, ракета, предоставленная самой себе, отправилась бы в обратный путь по другой половине эллипса. Но вмешательство пилота, пускающего на короткое время в действие взрывной механизм, сообщает ракете скорость такой величины и такого направления, что звездолет меняет курс: он следует по дуге другого, меньшего эллипса, которая и приводит его к поверхности Луны. Движение Луны по ее орбите кругом Земли изменяет вид пути ракеты, — но в общем он сохраняет S-образную форму с точкой перегиба на расстоянии 40 000 километров от центра Луны.

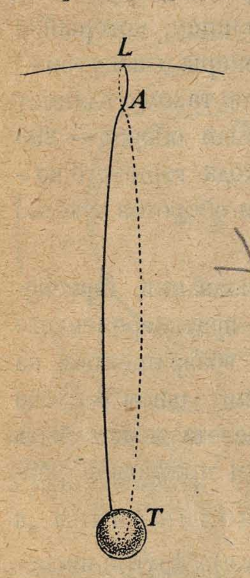


Рис. 19. Наивыгоднейший путь перелета с Земли (T) на Луну (L). Точка A — пункт, где тело испытывает равные притяжения Земли и Луны.

Какова продолжительность этого путешествия? Вычисление дает следующий результат. От Земли до точки равного притяжения ракета будет взлетать 4,1 суток. Отсюда начнется падение на Луну. Если бы падение это совершалось только под действием притяжения Луны, оно длилось бы 1,4 суток (33,5 часа). Но ракета подвержена также притяжению Земли, замедляющему падение; расчет показывает, что земное при-

тяжение удваивает продолжительность падения ракеты на Луну, так что общая длительность путешествия:

$$4{,}1 + 2{,}8 = 6{,}9 \text{ суток.}$$

Итак, перелет на Луну,—если вести его самым экономным образом в смысле сбережения горючего, —должен отнять целую неделю.

При первых полетах, однако, нельзя будет осуществить сразу спуск на лунную почву, а придется лишь облететь вокруг Луны один или несколько раз на весьма близком расстоянии для тщательной рекогносцировки. Такой обследовательский круговой полет потребовал бы сравнительно небольшого дополнительного расхода горючего.

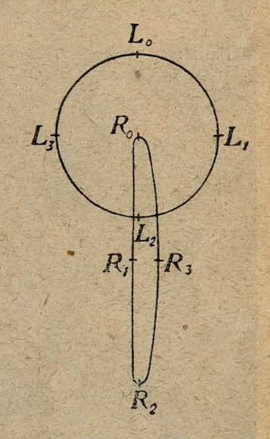


Рис. 20. Маршрут вылета за орбиту Луны. L — положения Луны на ее орбите, R — последовательные положения ракеты.

Проект полета за орбиту Луны для осмотра недоступной земному наблюдателю части ночного светила подробно разработан В. Гоманном в книге «Досягаемость небесных тел» (Берлин, 1925 г.). Предлагаемый им маршрут изображен на рис. 20, где одновременные положения ракеты и Луны обозначены одинаковыми цифрами при буквах R (ракета) и L (Луна). Ракета покидает Землю в точке R_0 и, побывав в точках R_1, R_2, R_3, возвращается к исходной точке. Время отлета выбирается с таким расчетом, чтобы в продолжение всего путешествия ракета не приближалась к Луне больше чем на половину радиуса лунной орбиты; притяжение ракеты Луною никогда поэтому не будет превышать $\frac{1}{20}$ одновременного притяжения Земли и, следовательно, изменит движение ракеты весьма незначительно. Наблюдать «заднюю» сторону Луны (а это и является целью путешествия) можно будет из точки R_2, когда спутник наш находится в L_2. Конечно, момент отлета должен быть так выбран, чтобы в точке L_2 Луна была в

фазе новолуния (тогда задняя ее сторона залита солнечным светом).

Таков предлагаемый Гоманном маршрут. Рассмотрим условия его осуществления. Ракета, покинув Землю с секундной скоростью 11 200 метров, достигает расстояния 40 000 километров от поверхности Земли; к этому моменту скорость ракеты должна, как показывает расчет, понизиться до 4 350 метров. Гоманн вычислил, что если, находясь здесь, ракета увеличит взрыванием свою скорость всего лишь на 110 метров, то этого окажется достаточным, чтобы она направилась по эллипсу, отдаленнейший пункт которого R_2 лежит на расстоянии двойного радиуса лунной орбиты (800 000 *км*). Чтобы возвратиться к Земле после достижения этого крайнего пункта, ракета должна получить снова небольшую прибавку скорости (90 *м*). Значит, помимо начального взрывания, отправляющего ракету в ее межпланетный рейс, путешествие потребует еще два кратковременных взрывания в пути с небольшим расходом горючего. Продолжительность полета исчислена Гоманном в 30 суток. Пассажирам придется взять с собою, по расчету автора проекта, до 2 800 тонн пороха и около 3 тонн необходимых припасов. Пользование, вместо пороха, нефтью или жидким водородом (и кислородом), как мы знаем из предыдущей главы, значительно уменьшило бы груз горючего.

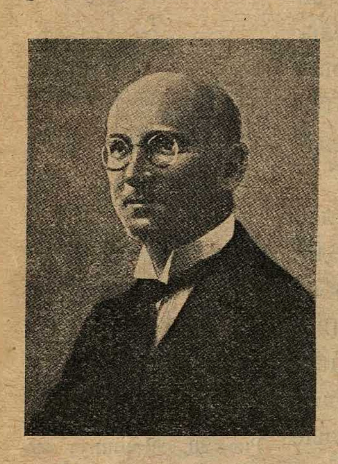


Рис. 21. Доктор-инженер Вальтер Гоманн, германский теоретик звездоплавания. Род. в. 1880 г.

Упомянем, наконец, о существовании проекта прямого перелета на Луну в 49 часов, — проекта, гораздо менее экономного в смысле сбережения горючего.

Одного весьма важного вопроса мы до сих пор почти не касались: спуска ракеты на планету и затруднений связанных с ним. Это будет попутно рассмотрено в дальнейших главах.

XI. ПРОЕКТЫ К. Э. ЦИОЛКОВСКОГО.

После этих общих замечаний перейдем к рассмотрению проектов отдельных работников звездоплавания. Начнем с планов нашего соотечественника К. Э. Циолковского, теоретические изыскания которого опередили исследования других деятелей на том же поприще не только по времени, но и по полноте и разносторонности.



Рис. 22. Константин Эдуардович Циолковский, первый в мире теоретик звездоплавания. Род. в 1847 г.

Изложить подробно содержание его интересных исследований — задача научного сочинения, а не популярной книги. Мы можем развернуть перед читателем только общий план завоеваний мирового пространства, как он вырисовывается в последних работах К. Э. Циолковского.* Этот беглый очерк поможет читателю, если не представить себе, то, по крайней мере, ощутить основную линию грядущего развития заатмосферного летания.**

Отлет межпланетной ракеты с Земли состоится где-нибудь в высокой горной местности. Должна быть подготовлена прямая ровная дорога для разбега, идущая наклонно вверх под углом 10—20 градусов. Ракета помещается на самодвижущемся экипаже,—например, на автомобиле, мчащемся с наибольшею возможною для него скоростью. Получив таким образом начальный разбег, ракета начинает свой самостоятельный восходящий полет под действием взрывающихся в ней

* Главным образом в книге: «Исследование мировых пространств реактивными приборами». Калуга, 1926.

** Дальнейший текст этой главы просмотрен и отчасти пополнен К. Э. Циолковским.

горючих веществ. По мере возрастания скорости, крутизна взлета постепенно уменьшается, путь ракеты становится все более пологим. Вынырнув за атмосферу, аппарат принимает горизонтальное направление и начинает кружиться около земного шара в расстоянии 1—2 тысяч километров от его поверхности, наподобие спутника.

По законам небесной механики, это возможно, — как мы уже говорили, — при секундной скорости 8 километров. Скорость эта достигается постепенно: взрывание регулируют так, чтобы секундное ускорение не слишком превышало привычное нам ускорение земной тяжести (10 метров). Благодаря этим предосторожностям, искусственная тяжесть, возникающая в ракете при взрывании, не представляет опасности для пассажиров.

Так достигается первый и самый трудный этап межпланетного путешествия—превращение ракеты в спутника Земли. Чтобы заставить теперь ракету удалиться от Земли на расстояние Луны или еще далее — в другие зоны нашей солнечной системы,—потребуется лишь, добавочным взрыванием, увеличить в $1\frac{1}{2}$ — 2 раза скорость той же ракеты. «Так мы можем, — пишет К. Э. Циолковский, — добраться до астероидов, маленьких планеток, спуск на которые, по малой на них тяжести, не представляет трудности. Достигнув этих крохотных небесных тел (от 400 до 10 и менее километров в диаметре), мы получим обилие опорного материала для космических путешествий»..

Остановимся подробнее на этом первом и решающем этапе межпланетного путешествия, обстоятельно рассмотренном в исследовании К. Э. Циолковского.

Мы сказали раньше, что начальный разбег сообщается ракете автомобилем. Но для этой цели пригодны вообще любые транспортные средства: паровоз, пароход, аэроплан, дирижабль. Годилась бы даже пушка, пороховая или электромагнитная, если бы необходимость делать ее чрезвычайно длинной (ради ослабления искусственной тяжести в снаряде) не увеличивала чрезмерно ее стоимости. Однако всеми пере-

численными средствами—(кроме пушки)—нельзя надеяться достичь скорости больше 700 километров в час (200 метров в секунду). Причина та, что окружная скорость на ободе колеса или на конечных точках пропеллера не должна превосходить 200 метров в секунду,—иначе вращающемуся телу угрожает разрыв. Между тем, чрезвычайно важно довести скорость ракеты до возможно большей величины еще на Земле, при первоначальном разбеге, так как это создает весьма заметную экономию в количестве запасаемых ракетой веществ для взрывания.

Взамен автомобиля или какого-нибудь другого колесного экипажа, Циолковский предлагает воспользоваться для разбега опять-таки ракетой. Эту вспомогательную ракету он называет «земной»,—в отличие от «космической», предназначенной для межпланетного рейса. Ракета космическая должна быть временно помещена внутрь ракеты земной, которая, не отрываясь от почвы, сообщит ей надлежащую скорость и в нужный момент освободит для самостоятельного полета в мировое пространство (см. рис. 23).

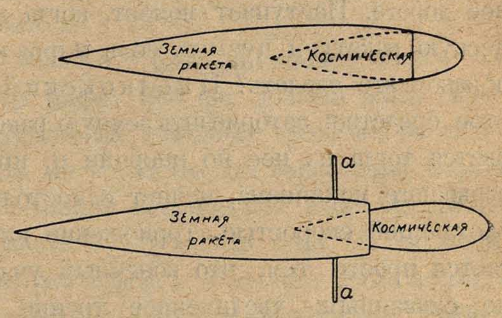


Рис. 23. Схема ракет Циолковского.
Вверху: земная и космическая ракета до разделения. Внизу: космическая ракета покидает земную при торможении последней (посредством выдвигания поперечных планов *aa*).

Земная ракета под действием взрывания будет стремительно скользить без колес по особым, обильно смазанным рельсам. Потеря энергии на трение (ослабленное смазкой) сильно уменьшается при весьма больших скоростях. Что же касается сопротивления воздуха, то его можно довести до минимальной величины, придав ракете весьма удлиненную, легко обтекаемую воздухом форму. Если бы возможно было построить ракету в сто раз длиннее ее толщины, сопротивление воздуха было настолько ничтожно, что им можно было

бы и вовсе пренебречь. Длину земной ракеты нельзя, однако, практически делать свыше 100 метров; а так как толщина ее должна быть не меньше нескольких метров, то ракета окажется всего в 20—30 раз длиннее своего поперечника. Впрочем, и при таких условиях общее сопротивление движению земной ракеты будет составлять всего несколько процентов энергии ее движения.

Итак, открытая спереди земная ракета с вложенной в нее космической стремительно движется по подготовленной для нее дороге. Наступает момент, когда надо освободить космическую ракету и пустить ее в мировое пространство. Каким образом это сделать? Циолковский указывает весьма простое средство: затормозить земную ракету — космическая вырвется тогда из нее по инерции и, при одновременном пуске взрывного механизма, начнет самостоятельно двигаться с возрастающей скоростью. Торможение же земной ракеты достигается просто тем, что конечный участок дороги оставляют не смазанным; увеличенное трение замедлит и, наконец, совсем прекратит движение вспомогательной ракеты без добавочного расхода энергии. Еще лучший способ торможения состоит в том, что из земной ракеты выдвигаются перпендикулярные к ней тормозящие планы: сопротивление им воздуха при большой скорости громадно, и ракета скоро остановится. Тому же способствует открытая тупизна передней части ракеты.

Использование земной ракеты для сообщения космической ракете начальной скорости, как мы уже заметили, ощутительно разгружает этот небесный корабль: оно освобождает его от необходимости нести с собою весьма большой запас горючего. Мы знаем, что для преодоления солнечного притяжения и, следовательно, для свободных полетов во всей планетной системе, ракета должна обладать скоростью около 17 километров в секунду. Чтобы неподвижная ракета приобрела такую скорость, необходимо, в случае горения водорода, взять запас вещества для взрывания раз в 30 (а для ракеты с нефтью — в 70 раз) больше прочего веса ракеты. Между тем, если космическая ракета уже приобрела от раз-

бега земной ракеты скорость в 5 километров, указанное отношение уменьшается втрое; запас веществ для взрывания (водорода и кислорода) должен быть только в 10 раз тяжелее незаряженной ракеты. Для получения 5-километровой секундной скорости нужен для земной ракеты путь по земле в 25 *км*, при ускорении 50 метров. Тяжесть в ракете увеличивается при этом в 5 раз (50 : 10); пассажиры на это время должны быть погружены в воду — иначе они едва ли перенесут такую усиленную тяжесть. Вообще получение на Земле таких скоростей встретит много затруднений. Однако можно ограничиться и меньшей.

Чтобы покончить с земной ракетой, приведем еще несколько ориентирующих цифр. Вес ее должен быть около 50 тонн (вес трех нагруженных товарных вагонов), из которых тонн 40 приходится на вещества для взрывания; вместе с вложенной в нее 10-тонной космической ракетой, вполне снаряженная земная ракета будет весить тонн 60. Впрочем, земная ракета может устраиваться и меньшего веса, но тогда выгода будет менее значительна. Продолжительность разбега зависит от длины пути. Взрывание ведется таким темпом, чтобы искусственная тяжесть, обусловленная нарастанием скорости, была весьма невелика — от 0,1 земной до, в крайнем случае, — 10-кратной. При ускорении, значительно большем земного, пассажирам необходимо будет погружаться в ванну для избежания вредных последствий усиленной тяжести. При ускорении же не более 30 *м* искусственная тяжесть не превосходит степени, безвредно переносимой человеком.* Такой же безопасной искусственной тяжести будут, конечно, подвержены и пассажиры, находящиеся в космической ракете. Гораздо сильнее искусственная тяжесть, порождаемая стремительным торможением земной ракеты на сравнительно коротком пути. По своей величине она заметно опаснее для нашего организма; поэтому необходимо устроить так, чтобы управление взрыванием в земной ракете осуществлялось автоматическим путем, без непосредственного уча-

---

* Допустимо и ускорение в 40 *м* в сек. (см. стр. 170). *Я. П.*

стия человека. Пассажирам же космической ракеты это торможение не может причинить вреда, так как в первый же момент торможения они, нисколько не уменьшая достигнутой скорости, уже покинут в своем снаряде земную ракету.

Ракета космическая, предназначенная для межпланетных полетов, должна иметь сравнительно небольшие размеры. По Циолковскому, ее длина 10—20 метров, поперечник—1—2 метра. Для успешного планирования при спуске на Землю или на другие планеты понадобится, быть может, соединять вместе несколько таких сигарообразных ракет бок-о-бок. Оболочка может быть из стали (вольфрамовая, хромовая или марганцовая сталь) умеренной толщины. По расчетам Циолковского, оболочка ракеты в 100 куб. метров может весить меньше тонны (650 килограммов).

В качестве горючего вещества можно будет, по всей вероятности, обойтись нефтью, как веществом недорогим и дающим газообразные продукты горения, вытекающие из трубы с довольно значительною скоростью—около 4 километров в секунду. Конечно, гораздо выгоднее взрывать не нефть, а чистый жидкий водород (скорость отбрасываемых продуктов горения — до 5 *км* в сек.), но это вещество довольно дорогое. Необходимый для горения и дыхания кислород берется в ожиженном виде. Предпочтение, оказываемое жидкостям перед сильно сжатыми газами, вполне понятно. Сжатые газы необходимо было бы хранить в герметических толстостенных резервуарах, масса которых в несколько раз превышает массу их содержимого; запасать кислород в таком виде—значило бы обременять ракету мертвым грузом, а мы знаем, как невыгоден для межпланетной ракеты каждый лишний килограмм мертвой массы. Ожиженный же газ оказывает на стенки сосуда сравнительно ничтожное давление (если хранить его, как обычно и делают, в открытом резервуаре). Низкая температура жидкого кислорода — около минус 180° Ц — может быть использована для непрерывного охлаждения накаленных частей взрывной трубы.

Выгоднее ли было бы обратиться к услугам взрывчатых веществ? Нет, жидкое горючее, как мы уже указывали, должно

дать в ракете гораздо больший эффект, чем порох. Кроме того, порох, нитроглицерин и т. п. вещества страшно опасны, — они могут дать взрыв всей массы. Нефть же и кислород в отдельности совершенно безвредны; смешение их происходит в ракете мало-по-малу.

Одна из самых ответственных частей ракеты — взрывная труба. В космической ракете Циолковского она должна иметь около 10 метров в длину и 8 *см* в узкой части; вес ее около 30 килограммов. Взрывающиеся жидкости накачиваются в ее узкую часть мотором аэропланного типа, мощностью до 100 лош. сил. Температура в начале трубы доходит до 3 000° Ц, но постепенно падает, по мере приближения к открытому концу. Наклонная часть трубы, как мы уже говорили, охлаждается жидким кислородом. Труба имеет коническую форму с углом раструба не больше 30°; это во много раз сокращает длину трубы при хорошем использовании теплоты горения.

Может показаться странным, что космическая ракета, предназначенная для движения в пустоте мирового пространства, будет снабжена рулями: горизонтальным рулем высоты, отвесным рулем направления и рулем боковой устойчивости Но не следует упускать из виду, во-первых, того, что ракете при спуске на Землю придется планировать в атмосфере без взрывания, подобно аэроплану. Во-вторых, рули понадобятся и вне атмосферы, в пустоте, для управления ракетой: быстрый поток вытекающих из трубы газов, встречая руль, уклоняется в сторону, вызывая тем самым поворот ракеты. Поэтому рули помещаются непосредственно у выходного отверстия взрывной трубы.

Излишне перечислять все те приспособления, которыми необходимо будет снабдить пассажирскую каюту. Романисты, мечтавшие о межпланетных перелетах, достаточно писали об этом и в общем — довольно правильно. Отметим лишь, что внутри герметически закрытой каюты должен находится кислород, необходимый для дыхания (азот излишен), под давлением в $\frac{1}{5}$ или $\frac{1}{10}$ атмосферы. Окна из кварца с предохранительным слоем обыкновенного стекла соединят прочность с охранением пас-

сажиров от ультрафиолетовых лучей солнца * и дадут им возможность обозревать окрестности и ориентироваться при управлении ракетой.

Вот при каких условиях будут отправляться космические дирижабли в свой межпланетный рейс. Первый этап — кружение около земного шара наподобие его спутника. Второй — странствование в отдаленные зоны нашей солнечной системы, к другим планетным мирам. То и другое нами уже рассмотрено. Следующий этап — спуск на планету — представляет гораздо больше затруднений, чем может казаться с первого взгляда. Ракета мчится с огромною, космическою скоростью; пристать прямо к планете, которая движется в другом направлении и с другой скоростью — значит подвергнуть ракету сокрушительному удару и неизбежной гибели. Как избегнуть удара, как уменьшить скорость настолько, чтобы возможен был безопасный спуск на планету? Не забудем, что то же затруднение возникает и при возвращении на нашу родную планету. Необходимо изыскать средства его преодолеть.

Здесь есть два пути. Первый — тот, к которому прибегает машинист, желающий быстро остановить мчащийся паровоз: он дает «контр-пар», т. е. сообщает машине обратный ход. Ракета тоже может дать «контр-пар», повернувшись отверстием трубы к планете и пустив в действие взрывание. Новая скорость, имеющая направление, обратное существующей, будет отниматься от последней и постепенно сведет ее к нулю (конечно, лишь по отношению к планете). Это приводит, однако, к довольно безнадежным выводам. Если для отправления ракеты в путь понадобилось сжечь, например, такое количество взрывчатых веществ, масса которого составляет 0,9 массы ракеты, то (предполагая, что спуск состоится на Землю или на планету с равной силой тяжести, напр. на Венеру) — для остановки придется расходовать еще

* Большие опасения вызывали еще недавно среди работников звездоплавания так наз. космические лучи, отличающиеся высокой проницаемостью. Однако проф. Кольхерстер, один из лучших знатоков этого излучения, считает подобные опасения неосновательными.

0,9 остатка, а в оба раза $0{,}9 + 0{,}1 \times 0{,}9 = 0{,}99$ всей его массы. Остается всего 1% первоначальной массы. Надо, значит, устроить ракету так, чтобы масса ее оболочки составляла не более 1% массы снаряженной ракеты. Это уже достаточно трудно, — чтобы не сказать невозможно,— а ведь понадобится еще снова взлететь с посещенной планеты, истратив опять 0,9 оставшейся массы ракеты, да еще опуститься на земной шар с новым расходованием 0,9 остатка. В конечном итоге из 10 000 килограммов массы звездолета, отправившегося в межпланетный рейс, возвратился бы всего 1 килограмм...

Столь безотрадный вывод лишил бы нас всякой надежды на посещение крупных планет, если бы как раз эти планеты не были окружены атмосферой, которою можно воспользоваться в качестве своего рода воздушного тормоза. Тут мы, подходим ко второму средству уменьшения скорости межпланетной ракеты. По проекту Циолковского, ракета может описывать постепенно суживающуюся спираль вокруг планеты, прорезывая всякий раз часть ее атмосферы и теряя поэтому с каждым новым оборотом некоторую долю своей скорости. Достаточно уменьшив стремительность движения, ракета совершит планирующий спуск на поверхность планеты, избрав для большей безопасности местом спуска не сушу, а море. Замечательно, что ту же идею об использовании тормозящего действия атмосферы высказал и подробно разработал независимо от Циолковского (хотя и позже его) немецкий исследователь межпланетных полетов инж. Гоманн. Однако сказанное лишь облегчает решение, но не решает проблемы высадки на планеты, особенно большие, с обратным подъемом. Это, в сущности, один из неразрешенных пока вопросов звездоплавания.

Такова в главнейших своих очертаниях картина завоевания мирового пространства, рисующаяся нашему исследователю в дали будущего. Практика, без сомнения, внесет в нее более или менее значительные перемены. Не следует поэтому придавать абсолютного значения набросанному здесь, очерку. Это лишь предварительный, ориентирующий план, с

которым можно приступить к реальным достижениям. «Никогда не претендовал я,—пишет Циолковский,—на полное решение вопроса. Сначала неизбежно идут: мысль, фантазия, сказка. За ними шествует научный расчет. И уже в конце концов исполнение венчает мысль. Мои расчеты о космических путешествиях относятся к средней фазе творчества. Более чем кто-нибудь я понимаю бездну, разделяющую идею от ее осуществления, так как в течение моей жизни я не только мыслил и вычислял, но и исполнял, работая также руками. Однако нельзя не быть идее: исполнению предшествует мысль, точному расчету — фантазия».

К подготовительным опытам Циолковский считает возможным приступить теперь же, не откладывая их на неопределенное время; описанию таких работ, расчищающих путь к дальнейшим шагам, посвящен его краткий очерк «Космическая ракета. Опытная подготовка».

XII. СОСТАВНЫЕ, ФОТО- И АВИО-РАКЕТЫ.

Проекты Г. Оберта, Ф. Гефта и М. Валье.

Немец по национальности, румынский профессор Герман Оберт является после К. Э. Циолковского самым выдающимся теоретиком звездоплавания. Его книга «Ракета в планетное пространство» (появившаяся в Берлине в 1923 г., но задуманная еще в 1907 г.) написана не для широкой публики; крайне сжато изложенная, изобилующая формулами и выкладками, она обращается к тесному кругу специалистов и развертывает перед ними подробно разработанный проект завоевания вселенной помощью ракетных дирижаблей. Идеи его во многих частностях приближаются к мыслям, ранее высказанным К. Э. Циолковским, — хотя с работами русского теоретика Оберт, повидимому, не был знаком. Здесь мы отметим только те особености проектов Оберта, которые существенно отступают от планов Циолковского.

Оберт предусматривает две ракеты: непассажирскую с самописцами, предназначенную для исследования высших слоев земной атмосферы, и, кроме того,— гораздо более

крупную межпланетную ракету, снабженную каютой для двух пассажиров.

Опишем первую ракету. Она составная: наружная ракета с запасом спирта в качестве горючего, заключает внутри себя меньшую ракету с водородно-кислородным зарядом и самопишущими метеорологическими приборами. Эта меньшая ракета автоматически выскальзывает тогда, когда спиртовая достигнет известной высоты и получит значительную скорость. Обе соединенные ракеты поднимаются помощью охватывающей их третьей, вспомогательной ракеты на высоту 7 700 метров, получая от нее скорость 500 метров в секунду. Высший подъем маленькой, водородной ракеты — от 2 000 до 7 000 километров.

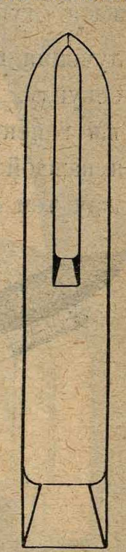


Рис. 25. Схема составной ракеты Оберта: меньшая ракета помещается внутри большей и освобождается от нее тогда, когда работа облекающей ракеты уже прекратилась.



Рис. 24. Проф. Герман Оберт, выдающийся германский теоретик звездоплавания. Род. в 1894 г.

Размеры наружной, вспомогательной ракеты — 1 метр в поперечнике и 2 метра в длину; вес ее — 220 *кг*. Двойная ракета внутри нее имеет около $\frac{1}{2}$ метра ширины, 5 метров длины, при весе 540 *кг*; из этого веса на долю водородной ракеты приходится всего лишь 7 килограммов. Благодаря такому устройству, при котором отработавшие части отпадают, не обременяя мертвым грузом ракету окончательного назначения, достигается значительная экономия в количестве горючего; размеры всего снаряда могут быть поэтому не столь значительны.

Остановимся немного на выгодах таких составных (или «ступенчатых» — по немецкой терминологии) ракет, идея

которых принадлежит К. Э. Циолковскому, но независимо от него разработана Обертом. Скорости, последовательно развиваемые каждой отдельной составляющей ракетой, складываются арифметически. Поэтому, чтобы вся составная n-ступечатая ракета приобрела окончательную скорость v, каждая ступень ракеты должна развить скорость $\frac{v}{n}$. Так, для получения на трехступенной ракете конечной скорости 12 *км* в секунду, достаточно от каждой ступени иметь скорость 4 *км* в секунду. Если ракеты нефтяные, то отношение M_0/M для каждой ракеты не должно превышать в этом случае 2,7, между тем как неступенчатая нефтяная ракета может иметь

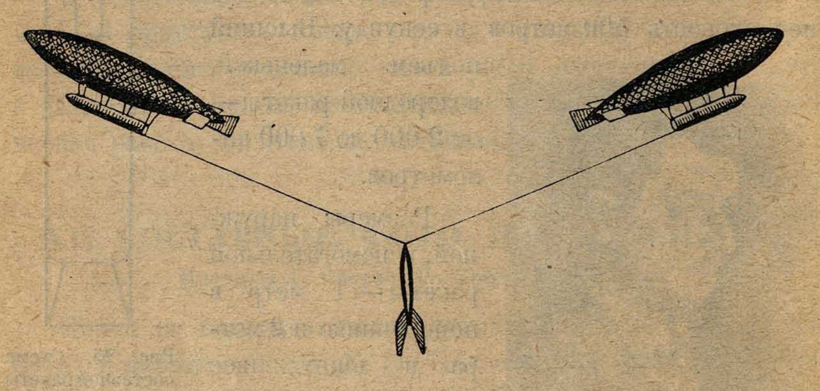


Рис. 26. Ракета Оберта (непассажирская) поднимается на высоту 5 *км* помощью двух дирижаблей.

12-километровую скорость лишь тогда, когда отношение масс равно 20. Отсюда ясны конструктивные преимущества ступенчатых ракет.

Отлет этой ракеты Оберт проектирует с высоты 5,5 *км*, где атмосфера вдвое разреженнее. Это осуществляется тем, что ракета поднимается на указанную высоту помощью двух дирижаблей. Самопишущие приборы регистрируют давление атмосферы, температуру и т. п. на той высоте, которая будет достигнута водородной ракетой. После этого приборы падают вниз на парашюте, автоматически освобождающемся, когда водородная ракета, израсходовав свою энергию, прекратит подъем. Стоимость этого аппарата автор исчисляет на наши деньги в 5 — 10 тысяч рублей.

Другая, проектируемая Обертом, более крупная ракета должна заключать в себе алюминиевую камеру для двух пассажиров, которая помещается в передней части ракеты и снабжена особым парашютом для безопасного падения. Большая ракета, как и малая, тоже составная: она состоит из двух ракет: спиртовой, зажигаемой сначала, и водородной, воспламеняющейся после того как первая отработала. Большая составная ракета поднимается, — в видах безопасности — с водной поверхности и может достигнуть любой высоты. Вес всего звездолета, если он рассчитан на одного пассажира, исчисляется Обертом 300 тонн, а на двоих — 400 тонн (вес железнодорожного поезда). Стоимость такого звездолета — около полумиллиона рублей.

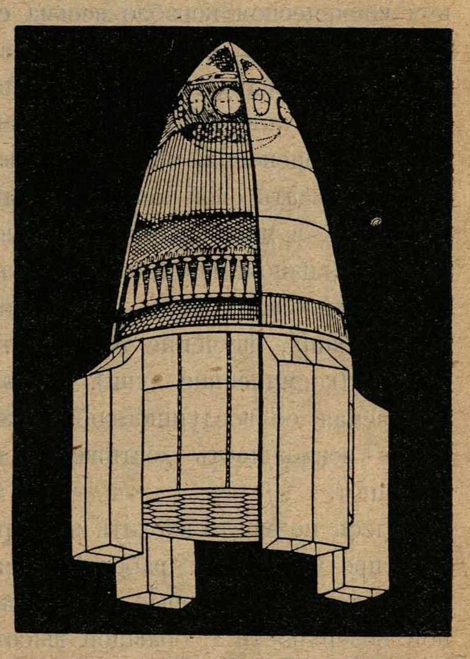


Рис. 27. Пассажирский звездолет Оберта. Нижняя часть представляет собою алькогольную ракету, отпадающую после прекращения ее работы. Верхняя, вскрытая часть — водородно-кислородная ракета с каютой в своей заостренной части. (По рисунку Оберта).

Должна ли внушать опасения возможность встречи звездолета с метеоритом? Оберт считает такую встречу крайне мало вероятной, особенно если маршрут космического путешествия лежит вне орбит метеорных потоков (Леонид, Персеид и др.). Согласно расчетам теории вероятностей, звездолет может мчаться в мировом пространстве целые столетия, прежде чем встретит на своем пути первый метеор таких размеров, при которых возможно повреждение стенок аппарата. * В крайнем случае, отверстие, пробитое метеоритом в

* Такого же мнения придерживается, на основании своих расчетов, профессор Годдард (С. Ш. А.). Немецкий астроном проф. К. Графф высказался по

стенке каюты, можно успеть заделать резиновой пластинкой, которую достаточно лишь приложить к поврежденному месту— она будет удерживаться давлением воздуха изнутри каюты.

Самая каюта для пассажиров будет занимать в громадном космическом корабле весьма скромное место в передней части — около 2 метров высоты и 120 сантиметров ширины и длины. Воздух каюты обновляется химически самодействующими аппаратами. Из своей каюты пассажиры, помощью перископов, могут обозревать окружающий мир. Они могут покидать свой межпланетный корабль и витать, вися на проволоке, в мировом пространстве, одетые в непроницаемые костюмы, напоминающие водолазные. Там, за атмосферой, возможны исследования, недоступные для земных лабораторий, — напр., изучение той части солнечной и звездной радиации (космические лучи), которая не достигает Земли, поглощаемая ее воздушной оболочкой. Оберт рассматривает также возможность достижения в подобных ракетах Луны и планет.

Здесь не место входить в подробности, которые в изобилии предусмотрены работой немецкого ученого. Отметим только те цели, которые имеет в виду Оберт: изучение земной поверхности с большой высоты, исследование крайних высот, сигнализация на Землю; а в более отдаленном будущем — улучшение климата полярных областей путем сосредоточения заркалами солнечных лучей и — наконец — достижение иных планет.

Пополним сказанное о проектах Оберта выдержками из его статьи: «Ракетный полет и звездоплавание», напечатанной в журнале «Ракета» за 1928 г.

«В моих ракетах не применяется ни порох, ни какое-нибудь другое взрывчатое вещество; я пользуюсь лишь горю-

---

этому вопросу так: «Метеорная опасность на мой взгляд ничтожна. Даже самые мощные метеорные потоки заключают в 100 куб. километрах своего объема (едва вообразимое для нас пространство) одну частицу вещества не более грамма весом; вероятность же столкновения с более крупным метеоритом равна нулю». — Упомянем еще, что в наиболее густой части потока Леонид 1866 г. метеоры разделены были промежутком в 110 километров (в среднем).

чими жидкостями и необходимым для горения кислородом, также переведенным предварительным охлаждением в жидкое состояние.

«В ракетах простейшего типа кислород переходит в пар, который нагревается выше температуры воспламенения горючего, именно до 700° — 900°. В этот раскаленный газ вбрызгивается из особого распылителя горючая жидкость, которая и сгорает полностью.

«В ракетах более сложного типа я подобным же образом ввожу жидкий кислород в пламя, содержащее избыток паров горючего вещества; он сгорает здесь так же, как горючее вещество в нагретом кислороде. Совершенно безразлично при окислении, поступает ли жидкий кислород в накаленные пары горючего, или жидкое горючее — в накаленный кислород. В крупных ракетах можно таким образом много раз вводить, последовательно чередуя, жидкий кислород и горючее.

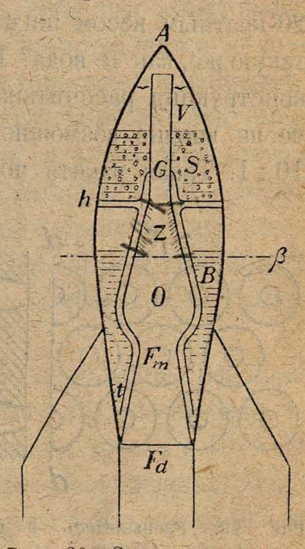


Рис. 28. Схема внутреннего устройства непассажирской ракеты Оберта. Подробности в тексте.

«В простейшей форме аппарат мог бы иметь вид, представленный на рис. 28. Оболочка изготовляется из жести. В *S* находится жидкий кислород. В *B* какая-нибудь горючая жидкость, — бензин, алкоголь, сжиженный холодом водород и т. п. Кислород будет испаряться сам собой, так как он заключен в вместилище с теплопроводящими стенками, — но это недостаточно быстро для наших целей. Нужно ускорить испарение искусственно, устроив нагревательное приспособление у дна резервуара. Кислород поступает в трубу *A*, и сюда же вводится горючее в парообразном состоянии; в *G* оно сгорает, нагревая кислород до 700° — 900°. В *Z* вбрызгивается жидкое горючее. Черт. 29 (налево) изображает в несколько увеличенном виде эту часть стенки с лица и в разрезе (по dd). Черт. 29 (направо) изображает распылитель

в поперечном разрезе β. Горючее, соприкасаясь с кислородом, имеющим температуру 800°, воспламеняется. Самое энергичное сгорание происходит в середине, между тем как близ стенок газ имеет сравнительно умеренную температуру, безвредную для их материала.

«Возникает вопрос: возможно ли наполнить жестяный резервуар, под избыточным давлением в одну атмосферу, 20-кратным весом жидкости, имеющей плотность примерно такую же, как и вода? Безусловно можно, и соответствующая конструкция рассчитана в моей книге. Мы видим, что технически вполне возможно достичь отношений масс от 7 : 1 до 10 : 1. Такая ракета может подниматься до высоты в 1 000 километров и более. До других планет она, конечно, долететь не может. Но имеется следующий выход из затруднения.

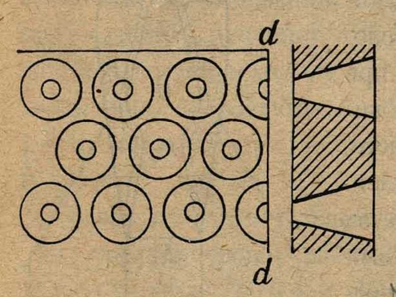


Рис. 29. Распылитель в ракете Оберта.

«Израсходовав свой запас горючего, ракета летит со скоростью, на 4 — 7 километров в секунду большею, чем до начала горения. Я помещаю в крупную ракету другую, вдесятеро меньшую. По израсходовании горючего большой ракеты, вся система обладает скоростью, скажем, в 4 *км* в сек. Когда большая отбрасывается, а меньшая работает дальше, то она, очевидно, прибавляет приобретаемую скорость к той, до которой она была доведена большой ракетой. В результате, благодаря такому приему, можно достичь значительной конечной скорости, не заряжая ординарной ракеты 16-кратным или даже 1 000-кратным запасом горючего. Что касается падения наружной ракеты, то я полагаю, что в случае малой непассажирской ракеты она не так тяжела, чтобы нельзя было спустить ее на парашюте: это ведь пустая оболочка. Что касается пассажирских кораблей, то по израсходовании своих зарядов, за пределами атмосферы, они движутся горизонтально; поэтому здесь возможны для оболочки те же

приемы спуска, какие предвидятся и для снижения самих кораблей: планирование, ослабление стремительности помощью парашютов и уничтожения остатка скорости ракетным действием.

«Трудно, разумеется, уже теперь говорить о снижении космических кораблей. Я думаю, что до осуществления их пройдет столько времени и мы успеем накопить столько опыта, что не для чего сейчас ломать себе над этим голову. При нынешнем положении вещей мне представляется во всяком случае возможным воспользоваться тормозящим действием атмосферы. Опасаются, что космический корабль при этом накалится, как метеор. Но надо иметь в виду, что ракета приблизится к Земле не со скоростью метеора, а в 4—6 раз медленнее. Кроме того, она не достигает сразу нижних плотных слоев атмосферы, как метеор, а движется в крайне разреженных ее частях до тех пор, пока скорость ее не упадет до земной величины...

«Я предлагаю устраивать сначала небольшие, без пассажира, ракеты, автоматически управляемые, для перелета на расстояние в 1 000—2 000 *км* с полезным грузом в 10—12 килограммов. Такая ракета пригодна для обслуживания спешной почты. Аппараты эти будут недороги (одна ракета может быть использована сотни раз), и такая спешная почта может быть организована за умеренную плату. Впоследствии я предполагаю подобную ракету поместить внутри вспомогательной ракеты, благодаря чему можно будет осуществить трансокеанское сообщение. Вспомогательная ракета отпадает после 1 минуты горения, и разыскать ее не составит труда. Помощью вспомогательной ракеты, — сооружение которой в данный момент еще невозможно, но сделается, вероятно, возможным в ближайшие 1—2 года, — ракета в состоянии будет достичь любого пункта земного шара не более чем в два часа».

Книга проф. Оберта дала толчок работам венского ученого, инженера Гефта, который под влиянием этих идей разработал конструкцию 8 ракет различных размеров и назначения. В настоящее время уже изготовляется модель I.

Это наиболее простая, не требующая больших расходов непассажирская ракета с метеорографами. «Она будет иметь,— говорит автор проекта, — 1,3 *м* в длину, 0,2 *м* в диаметре и весить около 30 килограммов. Ее назначение — поднять метеорограф в 1 *кг* весом на высоту по крайней мере 100 километров; горючее — смесь 10 *кг* спирта и 12 *кг* жидкого кислорода. Предварительно она будет поднята шаром-зондом на высоту 10 километров и оттуда начнет самостоятельный полет. Когда ракета достигает своей высшей точки, ее верхушка автоматически отделяется, раскрывается наподобие парашюта и вместе с самописцем опускается на землю. Устойчивость ракеты обеспечивается жироскопом».



Рис. 30. Франц Гефт, автор серии проектов космических ракет.
Род. в 1882 г.

Упомянем бегло о других конструкциях Гефта. Модель II — видоизменение модели I, но с порохом вместо жидкого горючего. Модель III — фотографическая непассажирская ракета для облета Луны. Модель IV сходна с предыдущей по конструкции, но предназначена для земных сношений — для быстрых перелетов с материка на материк. Модель V — большая пассажирская ракета для кругового облета Земли за пределами ее атмосферы. Остальные модели Гефта представляют собою также пассажирские ракеты разных типов для межпланетных полетов.

В Германии выдвинут также проект посылки непассажирской ракеты на высоту примерно земного радиуса. Для этого понадобится сообщить ракете начальную скорость около 8 километров в секунду. Весь полет вверх и обратно отнимет около 70 минут времени.

Можно задать вопрос: для чего посылать ракету на такую высоту, если известно, что верхняя граница атмосферы лежит гораздо ниже? Конечно, производить на такой высоте

измерение плотности атмосферы излишне, но возможно сделать другое: снабдить ракету автоматически действующим фотоаппаратом, чтобы оттуда снять сразу значительную часть нашей планеты. Весьма важно получить снимок общего расположения облачных образований, окутывающих земной шар на обширной территории, чтобы установить те закономерности в их распределении, которые ускользают от нас при изолированном наблюдении отдельных небольших

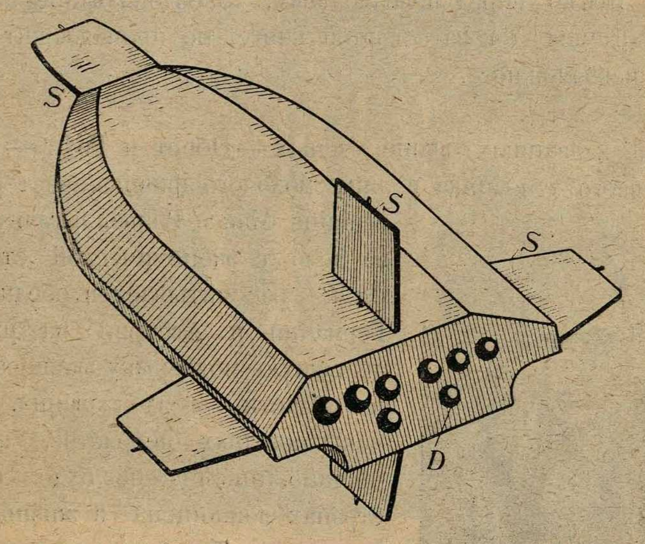


Рис. 31. Проект звездолета Гефта (модель V), предназначенного для кругового облета Земли за пределами атмосферы. *S* — рули; *D* — выводные трубы.

участков. Это может заметно подвинуть наши метеорологические познания и помочь в разрешении ряда климатических загадок.

Автор проекта рассчитывает, постепенно увеличивая высоту взлета фоторакеты, достичь со временем расстояния лунной орбиты, облететь кругом Луны и автоматически запечатлеть на фотографии ландшафты ее отвернутой от нас стороны. Однако вычисления французского теоретика Эсно-Пельтри, занимавшегося этим вопросом, показали, что послать непассажирскую ракету по такому пути чрезвычайно трудно, практически почти невозможно. Малейшее уклонение

от теоретически вычисленной начальной скорости неизбежно повлечет за тобой полную неудачу предприятия: при ничтожном превышении этой скорости ракета удаляется в бесконечность, при понижении — падает на Луну. В том и другом случае цель достигнута не будет.

Как видим, трудности подстерегают звездоплавателя даже на первых, весьма скромных шагах. Но отчаяваться нет причин. В стремлениях к познанию мира человек останавливается только перед невозможным. Звездоплавание же, как мы стараемся доказать в этой книге, не принадлежит к области невозможного.

Оба названных выше ученых — Оберт и Гефт — нашли деятельного союзника в лице молодого физика-авиатора, австрийца Макса Валье, взглянувшего на дело с экономической стороны. Он не рассчитывает в обедневших Германии и Австрии на щедрую денежную поддержку экспериментов в области звездоплавания. Идея межпланетных перелетов, по его мнению, никогда не будет в этих странах воплощена в жизнь, если опыты не обещают возвратить затраченные на них капиталы. Исходя из этих соображений, Валье пришел к мысли организовать дело звездоплавания, так сказать, на началах самоокупаемости. Он выступил с проектом серии авиоракет, представляющих собою постепенный переход от современного аэроплана к ракетному кораблю будущего: это аэропланы, на которых имеется и обыкновенный авиомотор, и двигатели ракетного типа. На подобном аэроплане Валье надеется прежде всего побить все рекорды высоты и проникнуть в вечно спокойные разреженные слои атмосферы, на высоте 15—20 километров (стратосфера); там нет ни бурь,



Рис. 32. Макс Валье, астроном и авиатор, один из деятельнейших работников звездоплавания. Род. в 1895 г.

ни ветра, ни облаков, и там, следовательно, аппараты могут почти беспрепятственно совершать свои перелеты с аккуратностью курьерского поезда.

Постепенно усиливая ракетное оборудование аппарата за счет авиомотора, Валье рассчитывает достичь скорости, при которой перелет (вернее — переброска) авиоракеты из Европы в Америку отнимет меньше часа. На первых порах это

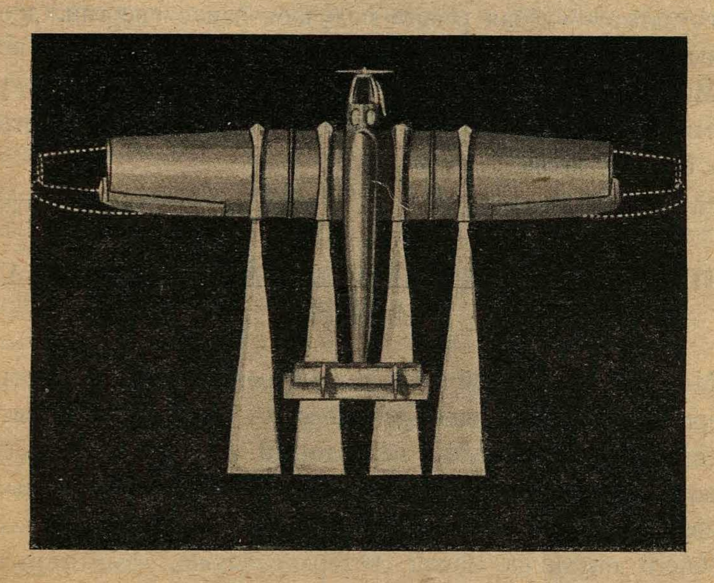


Рис. 33. Авио-ракета, проектируемая Валье. На ней — авиомотор с пропеллером и 4 ракеты. Пунктиром обозначены нормальные размеры поддерживающих плоскостей аэроплана. Это — вторая переходная ступень от аэроплана к звездолету (первая имеет только две ракеты).

будут непассажирские почтовые ракеты. При весе в 100 килограммов такая почтовая ракета может нести до 5 000 писем. Если стоимость ракеты, как полагает Валье, достигнет 25 000 рублей, то пересылка каждой отдельной «ракетограммы» обойдется всего в 5 рублей, т. е. гораздо дешевле, чем каблограмма через океан, при практически одинаковой быстроте передачи. Система почтовых ракет будет, как видим, коммерчески безубыточным предприятием и имеет, следовательно, все данные осуществиться даже в весьма близком будущем без помощи меценатов. А осуществившись, почто-

вые ракеты сильно подвинут вперед вопрос о «стратопланах» дальнего следования, а затем и общий вопрос о ракетном транспорте.

Заключительным звеном планов Валье является крупная составная авиоракета, несущая на себе (или в себе) другую, меньшую ракету, которая должна начать работать в тот момент, когда большая ракета достигнет наибольшей скорости. В результате — малая ракета получает запас энергии, достаточный для того, чтобы покинуть земной шар.

Мы увидим в главе XIV, что Максу Валье удалось уже добиться кое-каких реальных успехов на пути к осуществлению своих планов.

XIII. ИСКУССТВЕННАЯ ЛУНА. — ВНЕЗЕМНАЯ СТАНЦИЯ.

Мы переходим сейчас к рассмотрению смелого проекта, который неподготовленному человеку покажется, вероятно, чересчур фантастическим, но который с логической необходимостью вытекает из современных звездоплавательных планов. Речь пойдет не мало не много — о создании искусственного спутника Земли, который служил бы отправной станцией для дальних космических путешествий. Устройство такой внеземной станции настолько облегчает межпланетные полеты, что развитие звездоплавания едва ли сможет пройти мимо этого необходимого этапа.

В самом деле: мы видели, какие значительные количества горючего должна брать с собою космическая ракета, чтобы только отправиться в мировое пространство. Запасы эти становятся огромными, когда мы желаем так снарядить звездолет, чтобы он мог возвратиться на Землю; о чудовищных запасах горючего, необходимых для полета с высадкой на планеты, мы уже не говорим. Но это — при условии, что отлет состоится непосредственно с земной поверхности. Дело существенно меняется, если звездолет отправляется в космический рейс не с Земли, а с внеземной станции, со

спутника, свободно обращающегося вокруг Земли хотя бы на незначительном расстоянии (конечно, за пределами атмосферы).

Возьмем частный пример. Мы желаем отправить нефтяную ракету в рекогносцировочный полет к лунной орбите и обратно. Для этого понадобятся — при отправлении непосредственно с Земли: начальная скорость около 11 километров в секунду и запас горючего (нефти и жидкого кислорода) примерно в 120 раз тяжелее незаряженной ракеты. Теперь вообразим, что отправление происходит не с Земли, а с искусственного спутника ее, кружащегося в расстоянии 40 000 *км* от земного центра. Тогда для такого же полета цифры получаются совершенно иные*: начальная скорость (относительно станции) всего один километр, и запас горючего, составляющий менее половины веса незаряженной ракеты. Разница огромная! Если мы не можем — и едва ли когда-нибудь сможем — соорудить звездолет, который был бы в сотню раз легче своего горючего груза, то вполне можем построить такой, который вдвое тяжелее этого груза. Для прочих межпланетных рейсов получаются сходные соотношения.

Отсюда ясны те перспективы, которые открываются для звездоплавания с созданием внеземной станции. Идея эта впервые высказана была К. Э. Циолковским и настойчиво поддерживается теперь германскими теоретиками звездоплавания (Оберт, Пирке). Искусственная луна будет состоять, конечно, не из горных пород, как естественные небесные тела; это будет, — подобно всем созданиям современной техники — металлическая конструкция. Она составится из частей ракет, последовательно пущенных в круговой полет около Земли и собранных в одно целое. Нам известно уже, что подобный круговой полет не должен постоянно поддерживаться расходом горючего: искусственная луна будет обращаться, как естественная — по законам Кеплера и Ньютона.

Условия жизни на этой звездной базе — вернее, внутри нее — будут совершенно своеобразны, напоминая собою

* Расчеты приведены в Прибавлениях.

*

отчасти режим подводной лодки. Однако, в отличие от подводного судна, здесь можно будет широко пользоваться даровой энергией солнечных лучей (сквозь стеклянные и кварцевые окна). Вполне осуществимо при подобных условиях выращивание растений, восполняющих своею деятельностью убыль кислорода от дыхания людей и вообще создающих в миниатюре тот круговорот материи и энергии, который мы наблюдаем в земной природе. Полное отсутствие тяжести наложит на этот мирок не обычный, поистине феерический отпечаток (см. далее, главу XVI).

Обстановку жизни в подобном межпланетном вокзале К. Э. Циолковский рисует следующими чертами. «Нужны (на станции) особые жилища — безопасные, светлые, с желаемой температурой, с возобновляющимся кислородом, с постоянным притоком пищи, с удобствами для жизни и работы. Эти жилища и все принадлежности для них должны доставляться ракетами с Земли в компактном виде, разниматься и собираться в пространстве, по прибытии на место. Жилище должно быть непроницаемо для газов и доступно для лучей света. Его материалы: никкелированная сталь, простое и кварцевое стекло... Помещения заполнены кислородом плотности в $\frac{1}{5}$ атмосферы, небольшим количеством углекислого газа, азота и водяных паров. Тут же находится немного плодородной и влажной почвы. Освещенная солнцем и засеянная, она может давать богатые питательными веществами корнеплодные и другие растения»...

«Работы всякого рода тут удобнее производить, чем на Земле. Во-первых, потому, что сооружения могут быть неограниченно велики при самом слабом материале — тяжесть их не разрушит, так как ее тут нет. Во-вторых, человек здесь в состоянии работать при всяком положении: нет ни верха, ни низа, упасть никуда нельзя. Перемещаются все вещи при малейшем усилии, независимо от их массы и размера. Транспорт буквально ничего не стоит...».

Существует уже конструктивный эскиз подобной внеземной станции, распланированной на три корпуса: уста-

новку с солнечным двигателем, рабочую мастерскую и жилое помещение (обеспеченное, благодаря вращению, искусственной тяжестью). Проект этот разработан в немецкой книге Ноордунга «Проблема путешествий в мировом пространстве» (Берлин, 1929).

Ограничимся этими замечаниями и перейдем к астрономическим элементам искусственного спутника. Он будет обходить кругом земного шара в некоторый промежуток времени, определяемый расстоянием этого спутника от центра Земли (3-й закон Кеплера). Если внеземная станция будет устроена на расстоянии одного земного поперечника от поверхности Земли, то период обращения составит всего $7^1/_3$ часов: станция будет обгонять Землю в ее суточном движении, восходить на западе и закатываться на востоке. Можно устроить станцию и на таком расстоянии, чтобы она обходила Землю ровно в 24 часа. Это осуществится при расстоянии в 6,66 земных радиусов от центра Земли (около 35 000 *км* от земной поверхности). Такая искусственная луна будет вечно стоять в зените одного определенного места земного экватора — большое удобство для межпланетного вокзала. Станция окажется тогда словно на вершине невидимой и неосязаемой горы в 35 000 *км* высоты. С реальной вершины этой незримой горы и будут отправляться в межпланетное путешествие звездолеты дальнего следования, возобновив здесь запасы своего горючего, израсходованные на пути с Земли.

Отправление, как мы уже говорили, будет легкое. Разорвать цепь земного тяготения на такой высоте—в $6{,}66^2$, т. е. в 44 раза легче, чем на земной поверхности. Кроме того, сама станция обладает уже круговою секундною скоростью в 3,1 *км*, и чтобы превратить круг в пораболу, понадобится лишь сравнительно умеренная добавочная скорость в 1,3 километра. Выгоды возрастают, если станция устроена на еще меньшем расстоянии, возможно ближе к земной поверхности.

Однако само сооружение внеземной станции и достижение ее с Земли — представит огромные трудности, несмотря на ее близость к Земле. Чтобы достичь такого расстояния от Земли и начать вечно обращаться здесь около земного

шара, ракета должна быть отправлена со скоростью $10^1/_2$ *км* в секунду. Соответствующее отношение массы заряженной нефтяной ракеты к незаряженной равно 13,5. Отношение это надо увеличить до 15, чтобы ракета могла дополнительным взрыванием превратить свой путь в круговой, т. е. войти в состав внеземной станции. Так как при этом возвращение ракеты на Землю, без перезарядки на станции, не необходимо, то указанное соотношение — максимальное. Мы видим отсюда, что сооружение внеземной станции — дело хотя и трудное, но все же легче осуществимое, чем непосредственное отправление звездолета в межпланетный рейс с обратным возвращением. (Ракеты с снаряжением для станции удастся со временем, быть может, отправлять и без пилота.)

Вот почему создание внеземной станции явится неизбежным этапом в эволюции звездоплавания. Центр проблемы переносится сюда. Все дело в одолении этого этапа. Если такая задача будет разрешена, остальное станет сравнительно легким делом. Внеземная база для междупланетных перелетов — одна из главнейших технико-астрономических задач, стоящих перед деятелями звездоплавания.

XIV. ОПЫТЫ С РАКЕТАМИ.

Работы Годдарда, Опеля и др.

До сих пор мы пребывали в мире теорий, и читатель в праве осведомиться, нет ли уже в интересующей нас области какого-нибудь опытного материала. Такой материал имеется, хотя и весьма скромный. Мы разумеем исследования американского физика Годдарда над ракетами высокого подъема, опыты немецкой фирмы «Опель» с ракетными экипажами и опыты с ракетными аэропланами.

Проф. Роберт Годдард опубликовал в Америке в 1919 г. работу, в которой описал свои опыты с ракетами, предназначенными для высокого подъема. Исследование его так и называется: «Метод достижения крайних высот».

Годдард усовершенствовал конструкцию ракеты и заряжал их различными сортами бездымного пороха (нитроклетчатки). Благодаря удачной форме выводной трубы, в этих ракетах переводилось в механическую энергию вытекающих газов до 64% химической энергии пороха, — между тем как в обыкновенных ракетах используются только 2%.* Скорость вытекающей газовой струи достигала в ракетах Годдарда 2 290—2 430 метров в секунду. Материалом выводной трубы служила хромоникелевая сталь. Чтобы ракета при полете не перекидывалась (не кувыркалась), головная часть ее приводилась в быстрое вращение газами, вытекавшими из ее косых каналов; верхушка ракеты играла как бы роль волчка, стремящегося сохранить неизменным положение оси своего вращения. Как и Оберт, американский физик пришел к идее составной ракеты, автоматически сбрасывающей свои отработанные части.

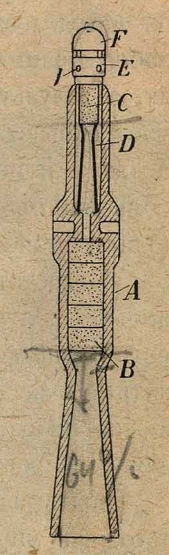
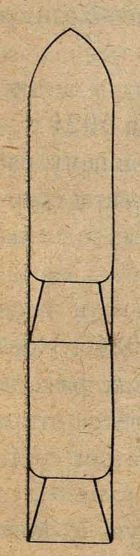


Рис. 35. Одна из опытных ракет Годдарда. *E* — головная часть, вращающаяся благодаря вытеканию газов из отверстий *J*, *E*. *C* — заряд меньшей ракеты, *D* — ее трубка. *A* — большая ракета со своим зарядом *B*.


Рис. 34. Схема устройства составных ракет Годдарда.

«Если работы мои получат достаточную денежную поддержку, — писал Годдард в 1924 г., — то ближайшим шагом будет исследование атмосферы в обширной, еще неизученной области, простирающейся до высоты 750 километров. Среди проблем, подлежащих здесь разрешению, будет, между прочим, вопрос о верхней границе стратосферы: лежит ли она на высоте 60 *км*, или, как вытекает из исследования полярных сияний, на высоте 90 *км*, в области с температурой — 210 Ц.

* Для сравнения отметим, что в пушке передается снаряду около 16% энергии пороха.

«Что касается достижения Луны помощью ракетных приборов, то замечу, что, принимая в расчет сопротивление воздуха и силы тяжести, нужна (при скорости вытекания газов 3 600 метров в сек.) начальная масса, в 40 раз большая конечной для сообщения снаряду скорости, при которой он преодолевает земное притяжение. * Мною достигнута в лаборатории скорость истечения газов 2 400 метров в секунду, а результаты опытов в пустоте показали, что это отвечает скорости 3 000 метров в пустом пространстве. Отсюда, а также и из надежных теоретических соображений,—с несомненностью ясно, что ракета может получить необходимую (для космического полета) скорость».

«Недостаток средств, — прибавляет Годдард в частном письме, полученном от него автором этой книги в 1924 г.,— есть единственное препятствие, мешающее успешному развитию дела. Все, что пока может быть сделано—это сооружение небольшой модели для невысокого подъема с целью демонстрировать принцип аппарата».

Опыты Годдарда, без сомнения, продолжались и после того как мною получено было от него (летом 1924 г.) сейчас цитированные сообщения. С тех пор в газетах раза два передавались слухи о том, будто Годдард готовится отправить непассажирскую ракету на Луну с взрывчатым составом в головной части, который при ударе аппарата о лунную почву должен дать яркую вспышку, видимую с Земли в телескопы. Позднее сообщалось, что при других опытах Годдарда его непассажирская ракета совершила перелет на 200 километров. Американский исследователь не опровергал этих слухов, но и не подтверждал их, храня полное молчание о своих планах и опытах. Повидимому, оправдывается догадка, что работы его перешли к военному ведомству, получили здесь иное направление, и результаты их, по понятным причинам, держатся в секрете. ** Ракета может, к со-

* А также, повидимому, и сопротивления воздуха, потому что для преодоления только земной тяжести достаточно, при этих условиях, отношения масс: 20 : 1. *Я. П.*

** Это тем более вероятно, что и начаты были работы Годдарда также для военных надобностей.

жалению, служить не только мирным целям прогресса: она годится и в роли страшного орудия истребления и разрушения. «Дело идет здесь, — пишет полковник Ноордунг, автор немецкой книги «Проблема путешествий в мировом пространстве», — об обстреле крупных мишеней, каковы неприятельские главные города, промышленные районы и т. п. Если подумать о том, что при подобном обстреле заряды в несколько тонн могут быть перенесены ракетами совершенно безопасно через огромные расстояния к целям, расположенным в глубоком тылу; что ни один участок тыла не может быть обеспечен от подобной бомбардировки; что против нее нет никаких средств обороны, — то станет ясно, каким могущественным оружием может явиться ракета». Не даром работами Годдарда с самого начала живо интересовалось морское ведомство С. Ш. А. Кто знает, быть может слухи о сверхдальнобойных американских пушках, могущих поражать неприятеля с расстояния сотен километров, порождены именно «военизованными» ракетами Годдарда, превращенными в воздушные торпеды дальнего действия. Если это так, то о работах Годдарда мы больше ничего не услышим — по крайней мере, в мирное время.

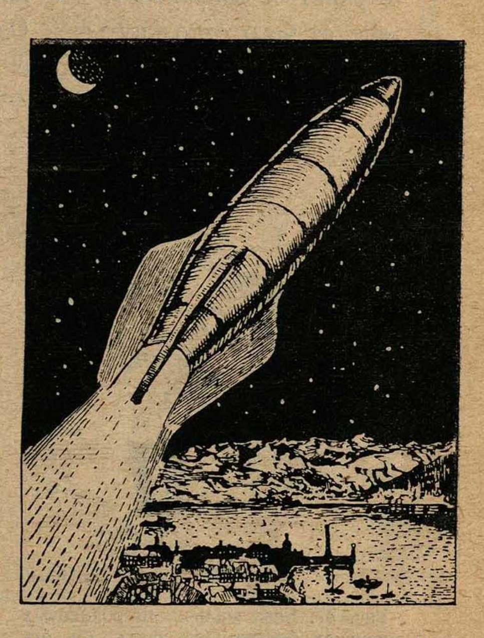


Рис. 36. Воздушная ракетная торпеда Годдарла в момент отлета (фантастический рисунок).

Еще до наложения «запрета» Годдард напечатал в одном американском журнале небольшую статью, в которой весьма наглядно разъяснил некоторые особенности ракетного аппарата. Читателям небезынтересно будет познакомиться с ней:

ПОЧЕМУ РАКЕТА ЛЕТИТ В ПУСТОТЕ.

(«Popular Science Monthly», 1924.)

«При обсуждении проекта ракеты, предназначенной для высоких подъемов, не мало сомнений вызывает возможность для ракеты двигаться в почти пустом пространстве: возражают, что извергаемым газам в пустоте «не от чего оттолкнуться». Однако, вопреки распространенному мнению, взрывание в пустоте производит на

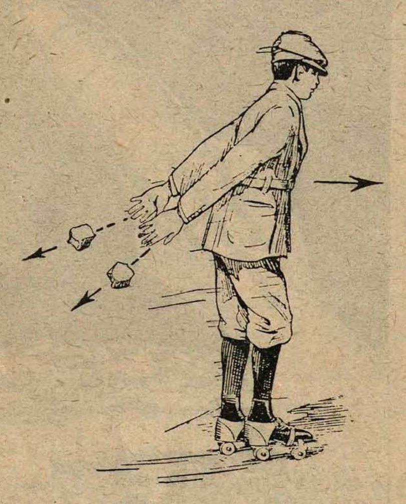


Рис. 37. Если мальчик на роликовых коньках бросит груз назад, он будет сам откинут вперед.

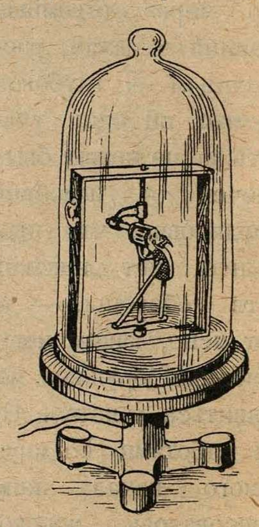
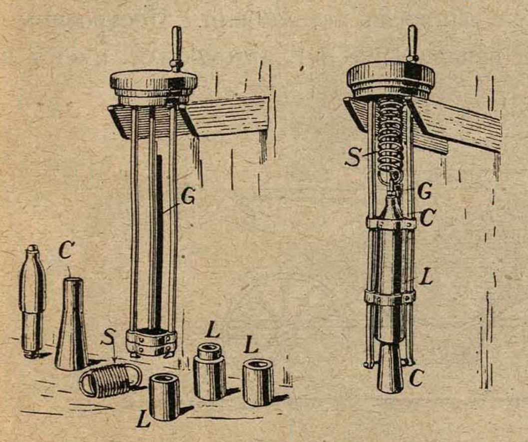


Рис. 38. Опыт Годдарда с револьвером в пустоте.

ракету большее действие, нежели в воздухе. А если бы воздух был значительно плотнее, то взрыв не давал бы и вовсе никакого эффекта. На самом деле, единственное, что заставляет ракету двигаться вперед — это газы, вытекающие из ее трубки. Если мальчик, стоя на роликовых коньках, бросит какой-нибудь груз назад, он будет сам откинут вперед; и чем быстрее брошен груз, тем больший толчок вперед испытает бросающий. В пустоте газы из ракеты вытекают скорее, и потому ракета в пустом пространстве должна двигаться еще быстрее, чем в воздухе. Известно, что при взрыве патрона в

револьвере происходит отдача. В аппарате, изображенном на рис. 38, разряжается холостой патрон револьвера, могущего вращаться вокруг оси: под колоколом воздушного насоса можно убедиться, что отдача происходит и в пустоте. Когда же патрон взрывается в пространстве, где воздух настолько сгущен, что пороховые газы вытекать не могут, револьвер не испытает отдачи.

«Чтобы подтвердить сказанное, я зажигал ракету так, что



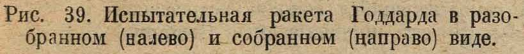

Рис. 39. Испытательная ракета Годдарда в разобранном (налево) и собранном (направо) виде.



Рис. 40. Пустая кольцевая трубка, куда вырываются газы испытательных ракет Годдарда.

газы устремлялись в резервуар, где воздух разрежен в 1 500 раз. Ракета *C* отягчена свинцовой муфтой *L* и подвешена к пружине *S*. При взрыве пороха в ракете газы вытекают вниз, а сама ракета отбрасывается вверх, отмечая величину поднятия чертой на закопченной стеклянной пластинке *G*. По величине поднятия ракеты можно определить силу, приводящую ее в движение. Газы вырываются в пустую кольцевую трубку.

«Результаты 50 опытов показали, что сила, увлекающая ракету в пустоте, на 20% больше, чем в воздухе обычной плотности».

Последнее утверждение отметает все сомнения в том, что ракета может двигаться в пустоте, — сомнения, которые

высказываются нередко даже людьми, как будто знакомыми с предметом. Кого не убеждают даже математические доказательства, тот должен уступить непререкаемому свидетельству опыта.

———

В другом направлении ведутся сейчас опыты в Западной Европе: под влиянием М. Валье, о проектах которого мы сообщали в главе XII, автомобильный фабрикант Франц Опель вместе с инженером-пиротехником Зандером приспособили ракету в качестве двигателя автомобиля. Построенные по этому принципу (в начале 1928 г.) автомобили имеют в

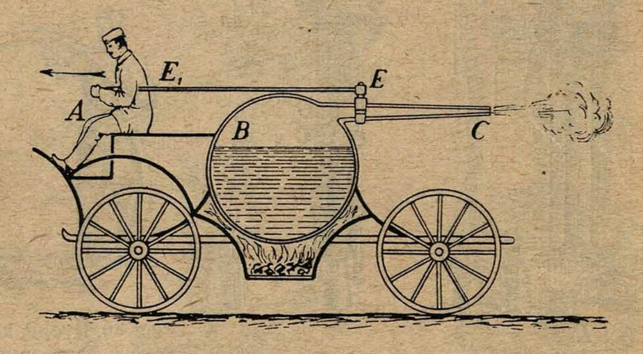


Рис. 41. Паровой самодвижущийся экипаж, устроенный на принципе ракеты. (Проект, приписываемый Ньютону.)

задней части батарею из 1-2 дюжин толстостенных пороховых ракет, зажигаемых последовательно, по две, помощью электрического запала. Отверстия ракет обращены назад, вследствие чего при их взрыве автомобиль увлекается вперед. Испытание автомобилей этого типа показало, что ракеты не только способны приводить экипаж в движение, но и сообщают ему весьма значительную скорость до 220 километров в час. Скорость эту конструкторы надеются довести впоследствии до 400 километров и более. Запас пороха в ракетах—100 килограммов. Через 8 секунд от начала взрывания автомобиль уже несся со скоростью 100 *км* в час. Опыт с ракетной дрезиной (на рельсах) показал скорость в 254 *км* в час, а с ракетными санями (1929 г.) — до 400 *км*.

Большой ошибкой, однако, было бы думать, что в ракетном автомобиле или дрезине мы имеем прообраз самодвижущего сухопутного экипажа будущего. При тех скоростях, которые позволительны в сухопутном транспорте, ракетный двигатель невыгоден — он переводит в полезную механическую работу слишком ничтожную долю энергии потребляемого горючего (около 5%). Строители нового авто-

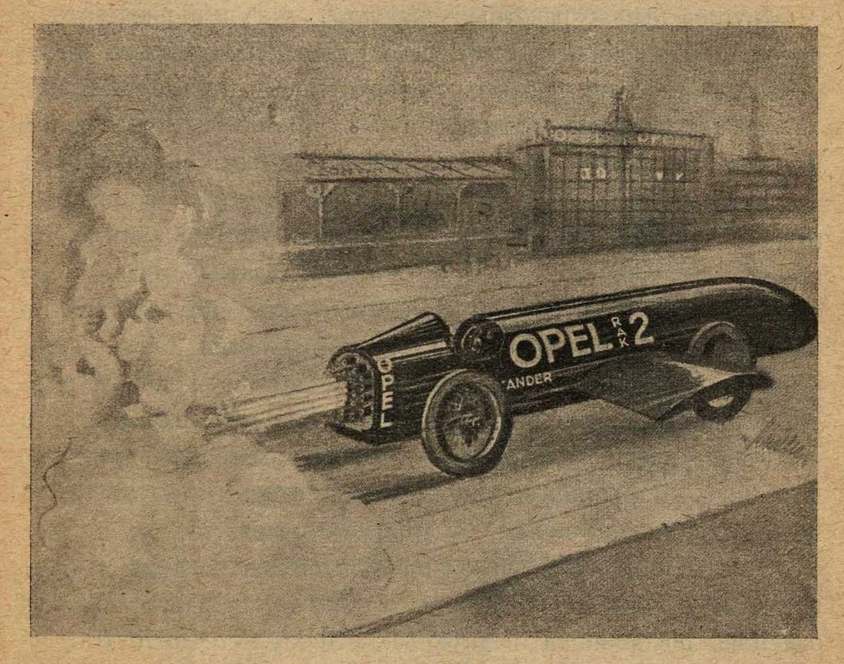


Рис. 42. Ракетный автомобиль в движении. Боковые крылья служат для того, чтобы прижимать экипаж к земле давлением воздуха (при отсутствии трения становится невозможным управление автомобилем).

мобиля хорошо сознают это. «Хотя мы уже сейчас могли бы превзойти все до сих пор достигнутые скорости,—сказал Ф. Опель в речи, произнесенной при первом публичном испытании изобретения, — фирма отдает себе отчет в том, что ракетный аггрегат, обещая для сухопутного транспорта небывалые, считавшиеся до сих пор немыслимыми достижения, представляет в нынешнем виде лишь переходную ступень к ракетному аэроплану, а впоследствии — к космическому кораблю в духе идей Валье. Мы уже теперь в

состоянии отослать непассажирскую ракету в высшие слои атмосферы и убеждены, что в недалеком будущем нам удастся проникнуть и в пустыню мирового пространства».

Эти слова выражают правильный взгляд на дело. Ракетный автомобиль — слишком расточительное изобретение. Будущее ракеты не на земле, а в воздухе и вне его, за пределами атмосферы, в мире космических скоростей,

Другое дело — ракетный аэроплан, могущий залетать в разреженные слои стратосферы и здесь передвигаться почти с космической скоростью. Первые шаги в деле создания «стратоплана» уже сделаны. День 11 июня 1928 г. будет в истории звездоплавания иметь, вероятно, такое же значение, какое имел день 17 декабря 1903 г. в истории авиации (первый подъем бр. Райт). В этот день в Германии, средствами Рен-Росситенского лётно-исследовательского общества, сделан был первый успешный опыт подъема пилота на аэроплане с ракетным двигателем. Аэроплан оставался воздухе 80 секунд, пролетев с поворотами 1 300 метров. Выполнявший этот подъем летчик Штамер находит, что «полет с ракетным двигателем оказывается исключительно приятным. Вибрации мотора, толчки здесь отсутствуют, и испытываешь ощущение, будто планируешь».

Первый подъем на аэроплане (Райтов) длился 60 секунд,— но из этого минутного взлета выросла через 25 лет вся авиация, покорившая земную атмосферу. Не присутствуем ли мы теперь при зарождении другого торжества человеческого гения, победы над безвоздушной стихией внеземных пространств?

XV. ДВА НЕСБЫТОЧНЫХ ПРОЕКТА.

Мы могли бы закончить на этом рассмотрение проектов межпланетных дирижаблей. Но задача наша состоит не только в том, чтобы познакомить читателя с реально достижимым в этой области: мы желали бы также рассеять и некоторые относящиеся сюда заблуждения. Не имеет никакого смысла перечислять и рассматривать все многочисленные

«проекты» межпланетных перелетов, придуманные авторами фантастических произведений, так как сами авторы не придавали серьезного значения своим, часто совершенно бессмысленным выдумкам. В первых главах нашей книги мы разобрали наиболее поучительные или внешне-правдоподобные идеи подобного рода: «кеворит» Уэллза, пушку Жюля Верна, давление световых лучей и некоторые другие, отбрасывая все прочие как не заслуживающие никакого внимания и лишь засоряющие поле обсуждения.

Имеется, однако, еще два проекта, которые полезно рассмотреть, несмотря на их безусловную несостоятельность. Они получили у нас некоторую известность, так как неоднократно описывались в журналах и представляются на первый взгляд легко осуществимыми. К сожалению, журналы не сопровождали их описание критическим разбором, и у многих читателей могло остаться убеждение, что мы имеем здесь хорошо продуманную техническую идею.

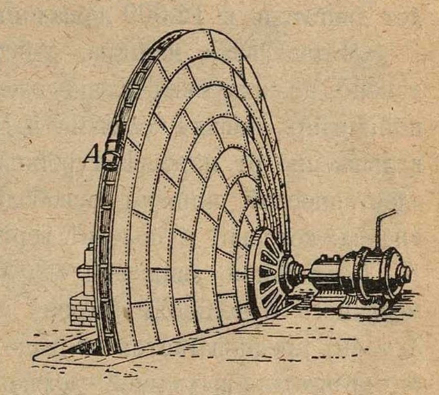


Рис. 43. Проект отсылки межпланетного вагона (*A*) помощью огромного колеса.

Оба проекта исходят из Франции. Первый из них предложен был в 1913 г. двумя французскими инженерами Масом и Друэ (Mas, Drouet) и описан известным техническим писателем Графиньи следующим образом:

«Представьте себе колесо огромного диаметра, несущее на окружности снаряд, который должен быть отброшен вдаль. Если, при достаточной скорости вращения, внезапно освободить снаряд, — он полетит по касательной с той же скоростью, с какой двигалась соответствующая точка колеса. Устройство может быть еще упрощено: машина может состоять из двух параллельных брусьев, закрепленных посередине на оси. Противоположные концы брусьев могут быть снабжены с одной стороны метательным снарядом, с другой —

противовесом равной массы. При длине брусьев в 100 метров, каждый оборот дает путь в 314 метров; значит, если довести скорость вращения до 44 оборотов в секунду, то крайние точки будут двигаться с секундною скоростью около 14 километров.

«Если пожелаем развить такую скорость в течение нескольких минут, понадобится двигатель мощностью в миллион лошадиных сил. Это, очевидно, неприемлемо. Оставаясь в пределах существующих технических норм, придется действовать более медленно и ассигновать примерно 7 часов, чтобы добиться 44 оборотов в секунду; тогда достаточен будет двигатель в 12 000 лошадиных сил.

«Метательная машина, действующая так, как было объяснено, должна быть расположена где-нибудь над расщелиной, напр., между скалами в горах. Она будет приводиться в движение от паровой турбины; а в нужный момент особый электрический аппарат освободит закрепленный на колесе снаряд, который и полетит вертикально к зениту».

Дальнейшее движение снаряда (вес которого — для двухмесячного путешествия троих пассажиров — будет достигать 4 тонн) предполагается по ракетному принципу.

«Корабль вселенной должен быть снабжен внутренним двигателем, позволяющим увеличить его собственную скорость и управлять его движениями. Двигатель вовсе не должен быть очень сильным: аппарат, изолированный в пространстве и освобожденный от земного притяжения, перемещается с большою легкостью. Можно применить двигатель с «отдачей», основанной на принципе ракеты: он выбрасывает в пространство массу газа, истечение которого заставит аппарат отклониться. Чтобы получить отклонение в намеченном направлении, вытекание газа может быть произведено по желанию через тот или иной ряд труб, открывающихся наружу снаряда.»

Почему надо считать этот проект несостоятельным? Прежде всего, огромные затруднения возникли бы при подыскании материала, который мог бы противостоять развивающейся при таком вращении огромной силе натяжения. По формулам

механики легко вычислить, что при окружной скорости 14 километров в секунду и радиусе вращения 50 метров центробежная сила для каждого грамма снаряда должна равняться

$$\frac{(1400000)^2}{980 \times 5000} = 40000 \text{ граммов} = 40 \text{ кг.}$$

Это означает, что брусья будут растягиваться с силою, превышающей вес снаряда в 40 000 раз. Так как снаряд предполагается весом 4 тонны, то сила натяжения брусьев исчисляется 160 000 тонн. Вспомним, что вся Эйфелева башня весит только 9 000 тонн. Если изготовить брусья из лучшей стали, то чтобы они могли безопасно выдерживать такое натяжение, им надо было бы дать, при квадратном сечении, толщину в 6 метров — при условии, что такой чудовищный брус сам будет невесом...

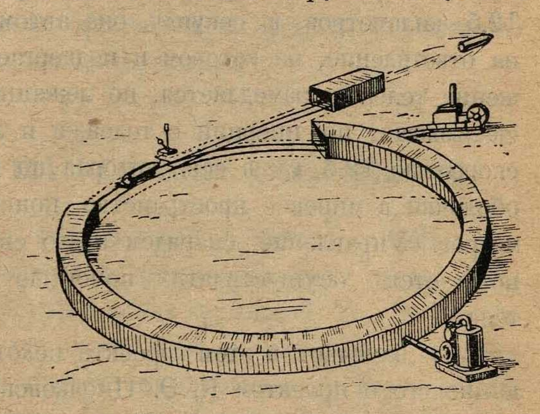


Рис. 44. Круговой туннель с рельсовым путем для отправки межпланетного вагона. Вверху направо — воздушный насос, налево — стрелка.

Совершенно непреодолимо, кроме того, другое затруднение, — именно то, которое обусловлено увеличением тяжести внутри снаряда. Надо помнить, что и пассажиры снаряда, кружащиеся в этом колесе, к моменту отправления в космический полет сделаются в 40 000 раз тяжелее, и, конечно, будут раздавлены собственным весом. Отослать в полет живых пассажиров помощью такого колеса, очевидно, немыслимо.

Второй проект, — принадлежащий, повидимому, Графиньи, — кажется на первый взгляд более осуществимым. Здесь также используется инерция кругового движения, но небольшое колесо заменено неподвижным кольцевым рельсовым путем, проложенным внутри кольцевого туннеля; поперечник кругового пути — 20 километров. По рельсам скользит

на обильно смазанных полозьях тележка, несущая на себе межпланетный снаряд-вагон. Движение тележки обусловлено особым двигателем, помещающимся вне ее и передающим ей свою энергию по проводу между рельсами. Так как двигатель работает беспрерывно, то тележка должна скользить ускоренно. Для уменьшения сопротивления среды воздух внутри туннеля разрежается насосами. От кругового туннеля отходит, по направлению касательной, ответвление с наклоном вверх. Когда тележка со снарядом, сделав достаточное число оборотов по круговому пути, разгонится до скорости 12,5 километров в секунду, она автоматически переводится на ответвление, на котором и подвергается торможению. Движение тележки замедляется, но лежащий на ней снаряд соскальзывает по инерции с тележки и летит в атмосферу со скоростью 12,5 *км* в сек., которая по выходе из воздушной оболочки в мировое пространство понижается до 10,9 километров. Управление снарядом в его свободном полете предполагается осуществлять помощью реактивного двигателя.

Мы замечает в этом проекте некоторые черты, сближающие его с проектом К. Э. Циолковского. Однако, в сейчас изложенном виде идея Графиньи несбыточна (если даже считать скорость 12,5 *км* в сек. достижимой), так как она не учитывает возрастания искусственной тяжести внутри снаряда к моменту его отправления в межпланетный рейс. Хотя тяжесть в данном случае значительно меньше, чем в предыдущем проекте — вследствие увеличения радиуса кругового пути,— но все же она достаточно велика, чтобы сделать проект несостоятельным. В самом деле: рассчитаем величину центробежной силы для каждого грамма снаряда. Она равна:

$$\frac{(1250000)^2}{980 \times 2000000} = \text{около } 800 \text{ граммов.}$$

Мы видим, что пассажиры к моменту отправления в космическое путешествие сделаются в 800 раз тяжелее, — возрастание веса, безусловно смертельное. Значит, как бы постепенно ни наростала скорость снаряда по окружности, его

центростремительное ускорение неизбежно должно превзойти допустимую для живого существа норму.

Что же касается ракетного двигателя, управляющего снарядом в мировом пространстве, то сама по себе идея эта, как мы знаем, вполне целесообразна. Однако, в рассмотренных проектах она совершенно не разработана и предложена так наивно, что не может в таком виде рассматриваться как серьезная техническая мысль. Авторы проектов, очевидно, не дают себе отчета об условиях применения реактивного принципа.

Итак, оба изложенных французских проекта надо отнести к разряду совершенно неосуществимых.

XVI. ЖИЗНЬ НА КОРАБЛЕ ВСЕЛЕННОЙ.

С завистью думает современный астроном о тайнах мироздания, которые увидит из стеклянных окон своего межпланетного корабля будущий моряк вселенной. То, что смутно рисует нам слабый луч света, едва улавливаемый телескопом, во всей ясности предстанет изумленному взору космического путешественника. И кто предугадает, как чудесно расширятся тогда наши знания в мире миров, какие новые тайны исторгнет человеческий разум из глубин вселенной!

Необычайное и новое ожидает будущего небесного странника не только за стенами его корабля. Внутри звездолета он также сможет наблюдать целый ряд необыкновенных явлений, которые в первые дни путешествия будут, пожалуй, привлекать его внимание и поражать ум не менее, чем величественная панорама, расстилающаяся за окнами каюты.

Едва ли кто-нибудь даже во сне переживал ощущения, подобные тем, какие предстоит испытать будущему космическому страннику внутри звездолета. Это нечто поистине феерическое. В коротких словах речь идет о том, что внутри звездолета нет тяжести: все предметы полностью утрачивают в нем своей вес. Закон тяготения словно отменяется в этом маленьком мире. Достаточно немногих соображений, чтобы

убедиться в бесспорности этого вывода, хотя и трудно привыкнуть к мысли, что внутри небесного корабля не обнаруживается ни одно из тех проявлений силы тяжести, к которым мы так привыкли на Земле.

Допустим сначала, ради простоты, что звездолет (или пушечное ядро Жюля Верна) свободно падает в мировом пространстве. Сила внешнего тяготения должна действовать одинаково как на самый снаряд, так и на предметы внутри него: поэтому она должна сообщать им равные перемещения (ведь все тела, тяжелые и легкие, падают с одинаковою скоростью). Следовательно, все предметы внутри звездолета будут оставаться в покое по отношению к стенкам. Разве может тело «упасть» на пол каюты, если пол этот тоже «падает» с точно такою же скоростью?

Вообще, всякое падающее тело не имеет веса. Еще Галилей в своем бессмертном «Собеседовании о двух новых науках» писал об этом в следующих картинных выражениях:

«Мы ощущаем груз на наших плечах, когда стараемся мешать его падению. Но если станем двигаться вниз с такою же скоростью, как и груз, лежащий на нашей спине, то как же может он давить и обременять нас? Это подобно тому, как если бы мы захотели поразить копьем кого-нибудь, кто бежит впереди нас с такою же скоростью, с какою движемся и мы».

При всей своей простоте, мысль эта настолько непривычна, настолько неожиданна, что будучи даже понята, неохотно принимается сознанием. Остановимся же на ней немного дольше. Перенеситесь мысленно, например внутрь Жюль Вернова ядра, свободно падающего в мировом пространстве. Вы стоите на полу каюты и роняете из рук карандаш. Естественно, вы ожидаете, что он упадет на пол. Так полагал и Жюль Верн, не продумавший до конца своей собственной идеи. Но не то случится в действительности: карандаш повиснет в воздухе, нисколько не приближаясь к полу. По отношению к Земле, он, конечно, будет перемещаться под действием притяжения, — но точно такое же перемещение под действием тяжести получит и самое ядро.

Если, например, земное притяжение в течение секунды приблизит карандаш к Земле на один метр, то и ядро приблизится на один метр: расстояние между карандашом и полом каюты не изменится, а следовательно, падение предметов внутри каюты не обнаружится.

Так будет не только внутри *падающего* звездолета, но и при подъеме его *вверх* и вообще при всяком свободном движении его по инерции в любом направлении в поле тяготения. Ядро, летящее вверх, в сущности, тоже падает: скорость его взлета все время уменьшается под действием земного притяжения на определенную величину,— именно на ту, на какую уменьшилась бы скорость ядра за тот же промежуток времени, если бы ему не сообщено было движения вверх. То же самое должно происходить, конечно, и со всеми предметами внутри снаряда. Вы помните, как в романе «Вокруг Луны» труп собаки, выброшенный пассажирами из окна, продолжал в мировом пространстве следовать за ядром, а вовсе не стал падать на Землю. «Этот предмет,— замечает романист,— казался неподвижным, как и ядро, и, следовательно, сам летел вверх с такою же скоростью». Но если предмет казался неподвижным вне ядра, то почему не должен он казаться таким же и внутри ядра? Удивительно, как близко можно подойти к истине и, не заметив ее, пройти мимо...

Теперь, думается, достаточно ясно, что внутри межпланетного корабля не может наблюдаться падения тел. Но если предметы в каюте звездолета не могут падать, то не могут они и оказывать давления на свои опоры. Короче говоря, в межпланетном корабле все предметы становятся абсолютно невесомы.

Строго говоря, в этом любопытном факте не должно бы быть для нас ничего неожиданного или нового. Мы ведь нисколько не изумляемся, например, тому, что на Луне вещи тяготеют не к Земле, а к центру Луны. Почему же должны предметы внутри звездолета падать к Земле? С того момента, как «Ракета», прекратив взрывание, изменяет свой путь единственно лишь под действием притяжения Земли или иных мировых тел,— она превращается уже в миниатюрную

планету, в самостоятельный мир, имеющий свое собственное, хотя и ничтожное, напряжение тяжести. Внутри снаряда могло бы проявляться разве лишь взаимное притяжение предметов и притягательное действие стенок снаряда. Но нам известно уже, как ничтожно взаимное притяжение мелких тел и какие медленные, незаметные движения оно способно вызвать. А влияние притяжения стенок снаряда должно быть еще менее заметно: в небесной механике доказывается, что если бы снаряд был строго шарообразный, то притягательное действие такой оболочки равнялось бы нулю, так как притяжение любого ее участка уравновешивалось бы обратным действием диаметрально противоположного участка.

По этому признаку — полному отсутствию тяжести — будущие пассажиры космического корабля безошибочно смогут определить, не глядя в окно, движутся ли они вне Земли или нет. Для них немыслимы сомнения в роде тех, которые, по свидетельству Жюля Верна, будто бы смущали пассажиров ядра в первые минуты межпланетного полета:

«— Николь, движемся ли мы?

«Николь и Ардан переглянулись: они не чувствовали движения ядра.

«— Действительно, движемся ли мы? — повторил Ардан.

«— Или спокойно лежим на почве Флориды? — спросил Николь.

«— Или на дне Мексиканского залива . . . — прибавил Мишель».

Подобные сомнения совершенно невозможны для пассажиров свободно брошенного звездолета. Им не придется заглядывать в окно каюты, чтобы решить, движутся ли они: непосредственное ощущение невесомости сразу покажет им, что они уже перестали быть пленниками Земли и превратились в обитателей новой миниатюрной планеты, лишенной тяжести. *

---

* Почувствовав себя невесомыми, они могли сделать только два предположения: либо ядро свободно летит в пространстве, либо же земной шар внезапно утратил способность их притягивать. Теоретически оба допущения равноправны, практически же выбор между ними несомненен.

Мы так привыкли к силе тяжести, не покидающей нас ни в железнодорожном вагоне, ни на палубе парохода, ни даже в гондоле аэростата или в сидении аэроплана — так сжились с этой неустранимой силой, что нам чрезвычайно трудно представить себе ее отсутствие. Чтобы помочь читателю вообразить себе, при каких необычайных, почти сказочных условиях будет протекать «невесомая» жизнь пассажиров в каюте межпланетного корабля, попытаемся набросать здесь некоторые черты своеобразной картины этой жизни.

Вы пробуете сделать шаг в каюте космического корабля — и плавно, как пушинка, парите к потолку: легкого усилия мускулов ног достаточно, чтобы сообщить вашему невесомому телу заметную поступательную скорость. Вы летите к потолку (нельзя сказать «вверх»: в мире без тяжести нет ни верха, ни низа), ударяетесь о него — и обратный толчок относит ваше невесомое тело снова к полу. Это плавное падение не будет грузным; вы почувствуете довольно легкий удар, но его достаточно, чтобы опять оттолкнуть вас к потолку, и т. д. Если, желая как-нибудь прекратить невольные и бесконечные колебания, вы ухватитесь за стол, то не пособите делу: стол, ничего не весящий, легко полетит вместе с вами, и будет качаться туда и назад, попеременно отталкиваясь от потолка и пола. К чему бы вы ни прикасались — все немедленно приходит в движение, плавное, зато нескончаемое. Полка с книгами поплывет в воздухе, не растеривая своих книг; ящик с провизией и посудой будет витать «вверх дном», не роняя своего содержимого. Словом, в каюте небесного корабля будет царить хаос, исключающий всякую возможность покойной жизни, если мы не позаботимся заранее привязать и привинтить все вещи к полу, к стенам, к потолку.

Многие предметы обстановки будут, впрочем, совершенно излишни в этом мире без тяжести. К чему вам стулья, если вы можете висеть в воздухе в любом положении, не утомляя не единого мускула? Стол тоже бесполезен: все поставленное на него унесется, как пух, при малейшем толчке или

дуновении. Лучше заменить его особым станком с зажимами. Не нужна вам и кровать: вы не удержитесь на ней ни одной минуты — при малейшем движении улетите прочь; пружинный тюфяк будет бросать ваше тело к потолку, как мяч. Чтобы спать покойно, без невольных странствований по всем углам каюты, вам необходимо будет пристегнуть себя ремнями к своему ложу. Тюфяк излишний предмет там, где нет тяжести; вам будет мягко и на жестком полу: ведь ваше тело ничего не весит, не давит на пол, а, следовательно вы не будете испытывать ощущения жесткости.

Буквально на каждом шагу будет подстерегать вас неожиданное и необычайное. Вы хотите налить воды для питья: опрокидываете невесомый графин над невесомым стаканом, но — вода не льется... Нет тяжести, значит, нет и причины, побуждающей жидкость выливаться из опрокинутого сосуда. Вы ударяете рукой по дну графина, чтобы вытряхнуть воду, и — новая неожиданность: из графина вылетает большой колеблющийся водяной шар, пульсирующий в воздухе. Это не что иное как огромная водяная капля: в мире без тяжести жидкость принимает сферическую форму, как масло в знаменитом опыте Плато. Если эта гигантская водяная капля ударится о пол или стенку каюты, она растечется по ним тончайшим слоем и расползется во все стороны. Придется брать с собою жидкости не в стеклянных и вообще твердых сосудах, а в резиновых вместилищах, из которых жидкость можно будет выдавливать.

Пить в межпланетном корабле тоже нельзя будет так, как мы привыкли. Зачерпнуть жидкость мудрено: она соберется в шар, если не смачивает стенок сосуда; и тогда вы не донесете до рта этой водяной пилюли, — при малейшем толчке она умчится прочь. Если же жидкость смачивает стенки посуды, то облечет ее со всех сторон, и вам придется подолгу облизывать сосуд, испытывая муки Тантала. Процесс питья и еды в невесомой среде требует большой осмотрительности: легко поперхнуться.

Приготовление обеда из невесомых продуктов будет сопряжено с немалыми и снова неожиданными затруднениями.

Чтобы довести воду до кипения, придется повозиться чуть не целые сутки. В самом деле: при обычных условиях вода в кастрюле нагревается сравнительно быстро только потому, что нижние, нагретые слои воды, как более легкие, вытесняются вверх холодными, выше лежащими; перемешивание это происходит само собой, пока все слои воды не нагреются до кипения. Но пробовали ли вы нагревать воду сверху? Попробуйте; положите горячие уголья на металлическую крышку полной кастрюли — и вы убедитесь, что это бесконечная история: нагретый слой останется наверху, теплота будет передаваться нижеследующим слоям только через воду же, — а теплопроводность воды, как известно, ничтожна; можно довести воду вверху сосуда до кипения и в то же время удерживать на его дне нерастаявшие куски льда. В невесомом мире звездолета также не будет этого благодетельного перемешивания слоев при нагревании жидкости: ведь нагретые и не нагретые слои одинаково невесомы: — следовательно, вскипятить всю воду в кастрюле обычным путем без специальных мешалок, будет довольно трудно. В невесомой кухне невозможно и жарить на открытой сковороде: упругие пары масла тотчас же отбросят жаркое к потолку. По той же причине — отсутствию перемещения нагретых частей,— весьма трудно будет отопить каюту каким-либо нагревательным прибором.—Развязывая мешок с мукой или крупой, мы рискуем малейшим толчком рассеять в воздухе все его содержимое.

Даже обыкновенное пламя не будет гореть в каюте небесного корабля. Образующиеся при горении пламени негорючии газы — углекислота, водяной пар и др.— не могут здесь удаляться сами собой, как удаляются они на Земле вследствие высокой температуры. Они будут оставаться тут же, окружая пламя и прекращая к нему доступ воздуха. Пламя задохнется в продуктах собственного горения. Устроив в вагоне-ядре газовое освещение, Жюль Верн в сущности обрек своих героев на пребывание в темноте. В будущем межпланетном снаряде освещение необходимо устроить электрическое, и даже для кухни придется пользоваться исключительно электрическими беспламенными нагревателями.

А не отразится ли вредно отсутствие тяжести на отправлениях человеческого организма? К счастью, можно думать, что нет. Дыхание, кровообращение и все другие функции почти не зависят от тяжести; это видно хотя бы уже по той легкости, с какой мы обычно меняем вертикальное положение своего тела на горизонтальное. Если бы отсутствие веса было вредно, мы страдали бы при каждом прыжке, так как, падая, на мгновение лишаемся веса и уподобляемся пассажирами небесного корабля; вес есть давление на опору, а при свободном падении тело не имеет опоры — поэтому не имеет и веса. Путешествие по океану вселенной, если только оно благополучно началось, будет — при известных предосторожностях — не более опасно для здоровья пассажиров, чем плавание по водяному океану, сопряженное с морской болезнью.

Все эти житейские неудобства — курьезные, необычайные, неожиданные, но по существу безвредные и невинные, — заставят будущих моряков вселенной отрешиться от многих укоренившихся привычек. Едва ли, однако, из-за одного этого будут отказываться от путешествий в таинственные глубины мироздания. Люди терпели более серьезные лишения, чтобы изучить нашу маленькую Землю — вспомним страдания полярных путешественников! — и, конечно, не остановятся перед ними, когда дело будет итти об исследовании вселенной.

XVII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Никогда не говори «никогда».
Старинная поговорка.

Мы видели, что проблема звездоплавания, — если не в полном объеме, то в существенной своей части, — может считаться разрешенной уже в наши дни. Разрешенной не в техническом, конечно, смысле, а в механическом и физическом: найдены в инвентаре современной науки те физико-механические принципы, на которых может быть построен звездолет будущего. Таким принципом является закон про-

тиводействия, и прообразом звездолета является ракета. Сам Ньютон, провозгласивший закон противодействия, пророчески сказал, что если удастся когда-нибудь людям летать в пустом пространстве, то сделано это будет только помощью аппаратов, основанных на этом начале. Теперь уже нет сомнения, что человечеству суждено вступить когда-нибудь в прямое сообщение с другими планетами, начать новый, «вселенский» период своей истории, и осуществится этот шаг при помощи исполинских ракет — единственного средства, разрешающего проблему межпланетных путешествий.

Гений Ньютона открыл человечеству закон действия могучей силы, приковывающей нас к Земле. Но тот же гений провозгласил и другой закон природы, опираясь на который человек свергнет иго тяжести и вырвется из земного плена на простор вселенной, в необъятный мир миров.



ПРИБАВЛЕНИЯ

1. СИЛЫ ТЯГОТЕНИЯ.

Приведенные в главе II примеры действия силы тяготения могут быть проверены несложными расчетами, основанными на законе Ньютона и элементах механики. Читатели, имеющие начальные сведения из алгебры, без затруднения проследят за ними. Напомним, что за единицу измерения силы в механике принята сила, которая, будучи приложена к свободному телу в 1 грамм, ежесекундно увеличивает его скорость на 1 сантиметр. Эта единица силы называется *диной*. Так как сила земного притяжения ежесекундно увеличивает скорость свободно падающего грамма почти на 1 000 сантиметров (9,8 метра), то сила, с какой притягивается к Земле 1 грамм, больше «дины» в 1 000 раз, т. е. равна (почти) 1 000 динам. Другими словами: вес гирьки в 1 грамм (сила ее притяжения к Земле) равен почти 1 000 динам. Это дает представление о величине дины в единицах веса: дина равна примерно 1 000-й доле грамма.

Далее: установлено, что два шарика, по 1 грамму каждый, расстояние между центрами которых равно 1 сантиметру, должны притягиваться между собою с силою в одну 15-миллионную долю дины. Эту величину называют «постоянной тяготения».

Зная это, нетрудно, на основании закона Ньютона, вычислить силу взаимного притяжения двух человеческих тел, разделенных промежутком в 1 метр (или 100 сантиметров). Принимая вес человеческого тела в 65 килограммов (65 000 граммов) и имея в виду, что взаимное притяжение прямо пропорционально произведению масс и обратно пропорцио-

нально квадрату расстояния (закон Ньютона), — имеем для силы взаимного притяжения.

$$\frac{1}{15\,000\,000} \times \frac{65\,000 \times 65\,000}{100^2} = \text{около } 0{,}028 \text{ дины.}$$

Итак, два человеческих тела притягиваются взаимно с силою 0,028 дины (около 40-й доли миллиграмма).

Таким же образом может быть вычислена сила взаимного притяжения и двух линейных кораблей, разделенных расстоянием в 1 километр. Масса каждого корабля = 25 000 тонн = 25 000 000 000 граммов; расстояние = 100 000 сантиметров. Поэтому взаимное притяжение равно

$$\frac{1}{15\,000\,000} \times \frac{(25\,000\,000\,000)^2}{(100\,000)^2} = \text{около } 4\,200 \text{ дин.}$$

Так как 1 000 дин = 1 грамму, то 4 200 дин равны примерно 4 граммам.

2. ПАДЕНИЕ В МИРОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ.

Полет пушечного ядра Жюля Верна на Луну можно рассматривать как случай падения тела в мировом пространстве под влиянием силы тяготения. Поэтому, прежде чем рассматривать условия его полета, полезно рассмотреть следующую задачу из области небесной механики.

Во сколько времени упал бы на Солнце земной шар, если бы от какой-нибудь причины прекратилось его движение по орбите?

Задачи подобного рода легко разрешаются на основании третьего закона Кеплера: квадраты времен обращения планет и комет относятся, как кубы их средних расстояний от Солнца; среднее же расстояние от Солнца равно длине большой полуоси эллипса. В нашем случае мы можем земной шар, падающий прямо на Солнце, уподобить воображаемой комете, движущейся по сильно вытянутому эллипсу, крайние точки которого расположены: одна — близ земной орбиты, другая — в центре Солнца. Среднее расстояние такой кометы от Солнца, т. е. большая полуось ее орбиты, очевидно, вдвое меньше среднего расстояния Земли. Вычислим, каков должен

был бы быть период обращения этой воображаемой кометы. Составим, на основании третьего закона Кеплера пропорцию:

$$\frac{(\text{период обращения Земли})^2}{(\text{период обращения кометы})^2} = \frac{(\text{ср. расст. Земли})^3}{(\text{ср. расст. кометы})^3}$$

Период обращения Земли равен 365 сутк.; среднее расстояние ее от Солнца примем за единицу, и тогда среднее расстояние кометы выразится через $\frac{1}{2}$. Пропорция принимает вид:

$$\frac{365^2}{(\text{период обращ. ком.})^2} = \frac{1}{(0,5)^3},$$

откуда

$$(\text{период обращ. кометы})^2 = 365^2 \times \frac{1}{8},$$

или

$$\text{период обращ. кометы} = \frac{365}{\sqrt{8}}.$$

Но нас интересует не полный период обращения этой воображаемой кометы, а половина периода, т. е. продолжительность полета в один конец — от земной орбиты до Солнца: это и будет искомая продолжительность падения Земли на Солнце. Она равна

$$\frac{365}{\sqrt{8}} : 2 = \frac{365}{\sqrt{32}} = \frac{365}{5,6} = 64 \text{ суток.}$$

Итак, чтобы узнать, во сколько времени Земля упала бы на Солнце, нужно продолжительность года разделить на $\sqrt{32}$, т. е. на 5,6.

Легко видеть, что полученное простое правило применимо не к одной только Земле, но и ко всякой другой планете и ко всякому спутнику. Иначе говоря: чтобы узнать, во сколько времени планета или спутник упадут на свое центральное светило, нужно период их обращения разделить на $\sqrt{32}$, т. е. на 5,6. Меркурий, обращающийся в 88 дней, упал бы на Солнце в 15,5 дней; Сатурн, период обращения которого равняется 30 нашим годам, — падал бы на Солнце в течение 5,5 лет. А Луна упала бы на Землю в 27,3 : 5,6, т. е. в 4,8 суток. И не только Луна, но и всякое вообще тело, на-

ходящееся от нас на расстоянии Луны, падало бы к Земле в течение 4,8 суток (если только ему не сообщена начальная скорость, а падает оно, подчиняясь лишь действию одного земного притяжения).

Здесь мы вплотную подходим к задаче Жюля Верна. Легко понять, что столько же времени должно лететь на Луну всякое тело, брошенное, наоборот, с Земли на Луну с такою скоростью чтобы достичь как раз расстояния Луны. Значит, алюминиевое ядро Жюля Верна должно было бы лететь около 5 суток, если бы его хотели закинуть на расстояние Луны.

Однако, члены Пушечного клуба рассчитывали закинуть ядро не прямо на Луну, а только до той точки между Землей и Луной, где сила притяжения обоих светил уравнивается: отсюда ядро само уже упало бы на Луну, притягиваемое ею. Эта «нейтральная» точка находится на 0,9 расстояния от Земли.

Вычисление, следовательно, несколько усложняется. Во-первых, нужно вычислить, во сколько времени ядро долетело бы до 0,9 расстояния между Землей и Луной, или,— что то же самое,— во сколько времени тело с этого расстояния упало бы на Землю; во-вторых, надо определить продолжительность падения тела от этой нейтральной точки до Луны.

Для решения первой задачи представим себе, что на 0,9 расстояния от Земли до Луны обращается вокруг нашей планеты небесное тело, и вычислим период обращения этого воображаемого спутника Земли. Обозначив неизвестный период обращения через x, составляем, на основании третьего Кеплерова закона, пропорцию

$$\frac{x^2}{27{,}3^2} = \frac{0{,}9^3}{1^3};$$

отсюда искомый период обращения $x = 27{,}3\sqrt{0{,}9} = 23{,}3$. Разделив этот период на $\sqrt{32}$, т. е. на 5,6, мы, согласно выведенного ранее правила, получим время перелета ядра от Земли до нейтральной точки: $23{,}3 : 5{,}6 = 4{,}1$ суток...

Вторую задачу решаем сходным образом. Чтобы вычислить, во сколько времени ядро упало бы с расстояния нейтральной точки до Луны, нужно сначала определить, во сколько времени ядро, находясь на том же расстоянии от Луны, совершило бы вокруг нее полный оборот. Радиус орбиты этого воображаемого спутника Луны равен 0,1 радиуса лунной орбиты, а масса центрального светила (в данном случае Луны) — в 81 раз меньше массы Земли. Если бы масса Луны равнялась земной, то спутник, обращаясь на среднем расстоянии вдесятеро меньшем, чем лунное, совершал бы полный оборот в период y, легко вычисляемый по закону Кеплера:

$$\frac{y^2}{27{,}3^2}=\frac{0{,}1^3}{1^3},\text{откуда } y=27{,}3\sqrt{0{,}001} = 0{,}273\sqrt{10}.$$

Но так как масса, а следовательно и притягательное действие центрального светила в данном случае в 81 раз меньше, чем в системе Земли, то время обращения ядра-спутника будет дольше. Во сколько раз? Из механики мы знаем, что центростремительное ускорение пропорционально квадрату скорости. Здесь это ускорение (производимое притяжением Луны) меньше в 81 раз, — следовательно, скорость движения ядра по орбите должна быть меньше в $\sqrt{81}$ раз, т. е. в 9 раз. Другими словами, ядро в роли лунного спутника должно обегать кругом Луны в 9 раз медленнее, чем оно обходило бы на таком же расстоянии вокруг Земли. Значит, искомое время обращения равняется: $0{,}273\sqrt{10}\times 9 = 7{,}77$ суток.

Чтобы получить продолжительность падения ядра от нейтральной точки до Луны, нужно, как мы уже знаем, найденный сейчас период его обращения (7,77) разделить на $\sqrt{32}$, т. е. на 5,6; получим 1,4 суток, а точнее — 33,5 час. *

---

* На расстоянии Земли ядро обращалось бы вокруг Луны в 9 раз медленнее, чем Луна вокруг Земли, то-есть совершало бы полный оборот в $27{,}3\times 9$ суток. Время падения его с Земли на Луну под действием ее притяжения равнялось бы, следовательно, $\frac{27{,}3\times 9}{5{,}6}=44$ дням.

В такой срок должен был бы перелететь с Земли на Луну «кеворитный» снаряд Уэллза, если бы все его «кеворитные» заслонки были свернуты и вся

*

Итак, весь перелет пушечного снаряда от Земли до Луны должен был бы длиться $4,1 + 1,4$ сут. $= 5,5$ сут.

Однако это не вполне точный результат: здесь не принято во внимание то обстоятельство, что и при полете от Земли до нейтральной точки ядро подвергается притягательному действию Луны, которое ускоряет его движение; с другой стороны, при падении на Луну оно испытывает на себе замедляющее действие земного притяжения. Последнее действие должно быть особенно заметно и, как показывает более точное вычисление (по формуле, приведенной ниже, на стр. 133), вдвое увеличило бы продолжительность падения ядра от нейтральной точки до Луны. Благодаря этим поправкам общая продолжительность перелета снаряда от Земли до Луны с 5,5 суток возрастает до 7 суток.

В романе продолжительность перелета определена «астрономами Кембриджской обсерватории» в 97 час. 13 мин. 20 сек., т. е. в 4 с небольшим суток, вместо 7 суток. Жюль Верн ошибся на трое суток. Ошибка произошла от того, что романист (или лицо, производившее для него расчеты) преуменьшил время падения ядра от нейтральной точки до Луны: оно определено всего в 13 час. 53 мин., между тем как это падение должно было совершиться гораздо медленнее и отнять 67 часов.

Если тело падает без начальной скорости с весьма большого расстояния H не до центра притяжения, а до некоторого расстояния h, то продолжительность t (в секундах) такого падения вычисляется по следующей формуле, которая выводится в курсах интегрального исчисления (см., напр., «Основания анализа бесконечно-малых» В. И. Комарницкого, стр. 327):

масса снаряда подвергалась действию лунного притяжения. Но путешественники подвергали действию тяготения только часть массы снаряда, в движение же увлекалась вся масса снаряда. Вследствие этого снаряд получал ускорение, составляющее только некоторую долю нормального. В результате продолжительность перелета должна увеличиться. Если, например, действию притяжения подвергалась только 10-я доля массы снаряда, то время падения снаряда на Луну должно возрасти в $\sqrt{10}$ раз, т. е. путешествие длилось бы 136 дней.

$$t = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{H}{2a}}\left\{\sqrt{h(H-h)} + H\arcsin\sqrt{\frac{H-h}{H}}\right\} \quad \ldots \quad (1)$$

Здесь H и h имеют указанные выше значения, R — радиус планеты, a — ускорение тяжести на ее поверхности. По этой формуле вычисляется также продолжительность взлета тела от расстояния h до расстояния H, где оно должно утратить всю свою скорость.

Для примера вычислим продолжительность взлета тела, брошенного с земной поверхности на высоту земного радиуса. В этом случае $H=2R$; $h=R$; $a=g=9{,}8$ *м*; $R=6\,370$ *км*.

Имеем: продолжительность взлета

$$t = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{2R}{2g}}\left\{\sqrt{R(2R-R)} + 2R\arcsin\sqrt{\frac{R}{2R}}\right\} =$$

$$= \sqrt{\frac{R}{g}}\,(1 + 2 \times 0{,}7854) = 2\,072 \text{ сек.} = 34{,}5 \text{ мин.}$$

Значит ракета, пущенная вверх на расстояние земного радиуса, должна возвратиться через 69 минут.

3. ДИНАМИКА РАКЕТЫ.

Для понимания дальнейшего необходимо отчетливо уяснить себе некоторые теоремы механики, относящиеся к «количеству движения» и к «центру тяжести». Предпосылаем поэтому нашему изложению небольшую главу из «Курса физики» Гримзеля, где положения эти разъяснены весьма наглядно и с достаточной полнотой.

Импульс. Количество движения. Сохранение движения центра тяжести.

«Сила P сообщает свободной массе m ускорение a, которое определяется из уравнения $P = ma$. Если сила P постоянна, то и ускорение постоянно, т. е. движение — равномерно-ускоренное. Если постоянная сила P действует на массу m в течение времени t, то она сообщает ей скорость $v = at$. Чтобы оценить действие силы P за время t, мы умножим выражение силы $P = ma$ на t. Мы получим равенство $P \cdot t = m \cdot v$.

«Произведение $P \cdot t$ называется импульсом силы P за время t. Произведение $m \cdot v$ называется количеством движения массы m, движущейся со скоростью v. Импульс силы равен количеству движения массы, приведенной в движение этой силой.

«Если действует сила переменная, то, строго говоря, этот закон можно прилагать лишь к малым промежуткам времени Δt, в течение которых силу можно считать неизменяющейся. Тогда предыдущее равенство принимает вид:

$$P \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v.$$

«Понятие импульса и количества движения постоянно применяются в случаях, когда проявляются действие и противодействие.

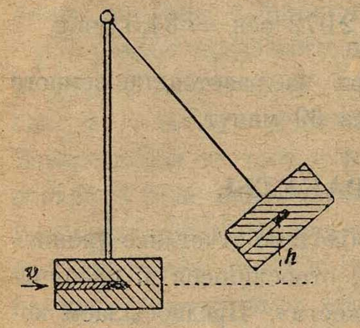


Рис. 45. Баллистический маятник.

«Примером практического применения этих понятий может служить баллистический маятник, употребляемый для измерения скорости снаряда. Он состоит из большой, но податливой массы M (например ящика с песком), которая подвешена на стержне, могущем вращаться около некоторой оси (рис. 45). В маятник стреляют снарядом, имеющим массу m; снаряд входит в песок и сообщает общей массе $M+m$ некоторую скорость. Маятник отклоняется, и высоту его подъема h измеряют. По высоте подъема вычисляют начальную скорость маятника $v_1 = \sqrt{2gh}$. Количество движения, приобретенное маятником (вправо) есть mv_1; количество движения, приобретенное снарядом влево (или потерянное им, при счете вправо) равно:

$$mv - mv_1,$$

или

$$m(v - v_1).$$

Итак,

$$Mv_1 = m(v - v_1),$$

или

$$Mv = (M + m)v_1 .$$

Отсюда можно вычислить v.

«В левой части последнего уравнения (Mv) стоит количество движения всей системы (маятник и снаряд) до выстрела, в правой части — количество движения системы после выстрела. Таким образом количество движения системы не изменяется, если только в эту систему включены все взаимодействующие тела. Такая система называется замкнутой. Итак, в замкнутой системе количество движения остается неизменным, какие бы процессы внутри ее ни происходили. Это закон сохранения количества движения.

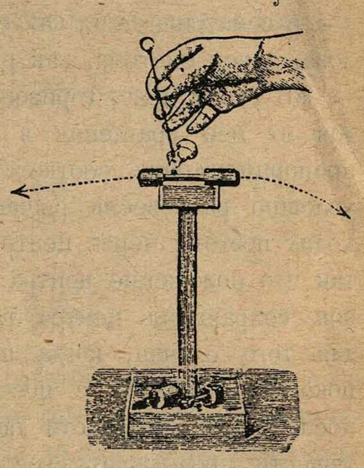


Рис. 46. Двусторонний пистолет.

«Другой пример представляет изображенный на рис. 46 двусторонний пистолет. На штативе горизонтально лежит медная трубка, на один конец которой навинчен массивный металлический цилиндр. Другой точно такой же цилиндр имеет насадку, плотно входящую в трубочку. В трубке сделано отверстие для поджигания с полочкой для пороха. Насыпав на полочку и в трубку немного пороха, вставляют снаряд и кладут пистолет на штатив. Затем при помощи раскаленной проволоки поджигают порох, насыпанный на полочку; порох в трубке взрывается, — оба цилиндра с насадками получают ускорения в противоположные стороны и упадут на стол в одинаковых расстояниях от штатива. Действие взрыва одинаково в обе стороны и сообщает обоим цилиндрам одинаковые скорости.

«Повторяют опыт с различными массами. Пусть цилиндр, скрепленный с трубочкой, весит 50 *г*, а вставляющийся в нее 100 *г*. После взрыва первый отлетает вдвое

дальше второго, хотя давление взрывных газов в обе стороны одинаково.

«В каком бы отношении ни находились снаряды, всегда начальные скорости снарядов обратно пропорциональны их массам и, значит, произведения масс снарядов на начальные скорости одинаковы.

«Движение снарядов можно определить таким правилом: если до взрыва весь пистолет был в равновесии относительно некоторой оси вращения, то это равновесие сохраняется в каждый момент после взрыва, — причем путь обоих снарядов рассматривается, как соединяющая их невесомая проволока, а вся система, как рычаг.

«В самом деле, горизонтальные расстояния обоих снарядов от оси вращения в каждый момент движения обратно пропорциональны соответствующим массам, а это отвечает условию равновесия рычага. Воображаемая ось всегда проходит поэтому через центр тяжести обеих частей пистолета, так что положение центра тяжести остается неизменным (закон сохранения центра тяжести). Закон этот справедлив и для того случая, когда пистолет перед взрывом не был в покое, а двигался с постоянной скоростью. В этом случае после взрыва его части движутся так, что их общий центр тяжести продолжает свое прежнее движение с той же скоростью (сохранение движения центра тяжести). То же самое будет, конечно, при распаде на несколько частей, — например, при движении осколков разорвавшейся гранаты или обломков распавшихся космических тел».

Движение ракеты.

Рассмотрим теперь движение ракеты — сначала в среде, свободной от тяжести, а затем — в условиях тяжести.

а) В среде без тяжести.

В виду фундаментального значения «уравнения ракеты» для всей теории звездоплавания, приводим далее два ее вывода: один — элементарный, для незнакомых с высшей мате-

матикой, и другой — более строгий, с применением интегрального исчисления.

Пусть первоначальная масса покоющейся ракеты равна M_0. Заменим непрерывное вытекание газа из трубы рядом последовательных толчков; с каждым толчком вытекает $\frac{1}{n}$ массы M_0 ракеты со скоростью c. После первого толчка масса ракеты уменьшится до

$$M_1 = M_0 - \frac{M_0}{n} = M_0\left(1 - \frac{1}{n}\right);$$

после второго толчка остающаяся масса ракеты равна

$$M_2 = M_0\left(1 - \frac{1}{n}\right) \times \left(1 - \frac{1}{n}\right) = M_0\left(1 - \frac{1}{n}\right)^2;$$

после третьего толчка —

$$M_3 = M_0\left(1 - \frac{1}{n}\right)^3,$$

а после k-го —

$$M_k = M_0\left(1 - \frac{1}{n}\right)^k.$$

Скорость v_1, приобретаемую ракетой после первого толчка, легко вычислить, исходя из того, что общее количество движения всех частей ракеты до и после разъединения одинаково, т. е. равно нулю:

$$M_0\left(1 - \frac{1}{n}\right) \times v_1 + \frac{M_0}{n} \times c = 0,$$

откуда

$$v_1 = -\frac{c}{n-1}.$$

Скорость v_2 поске второго толчка можно считать равной $2v_1$, т. е. $-\frac{2c}{n-1}$, а после k-го толчка $v_k = -\frac{kc}{n-1}$, откуда

$$k = -\frac{v(n-1)}{c}.$$

Подставив это выражение для k в формулу

$$M_k = M_0\left(1 - \frac{1}{n}\right)^k,$$

получаем

$$M_k = M_0 \left(1 - \frac{1}{n}\right)^{\frac{v(n-1)}{c}}.$$

Знаком минус перед показателем стенени мы принебрегли, так как он означает здесь лишь направление скорости, нам известное. Преобразуем последнее выражение

$$M_k = M_0 \left\{\left(1 - \frac{1}{n}\right)^{n-1}\right\}^{\frac{v}{c}} = M_0 \left\{\left(\frac{1}{1 + \frac{1}{n}}\right)^{n-1}\right\}^{\frac{v}{c}},$$

потому что

$$1 - \frac{1}{n} \sim \frac{1}{1 + \frac{1}{n}}.$$

Выражение:

$$\frac{1}{\left(1 + \frac{1}{n}\right)^{n-1}}$$

при бесконечно большом n (т. е. при переходе от толчков к непрерывному вытеканию газа) равно, как известно, —

$$\frac{1}{e}, \text{ где } e = 2{,}718\ldots$$

Тогда преобразуемое выражение получает вид:

$$M = M_0 \left(\frac{1}{e}\right)^{\frac{v}{c}},$$

откуда получаем уравнение ракеты:

$$\frac{M_0}{M} = e^{\frac{v}{c}}.$$

Укажем теперь более строгий вывод того же основного уравнения.

Обозначим массу ракеты в некоторый момент через M, и предположим, что до горения ракета была неподвижна. Вследствие горения ракета отбрасывает бесконечно малую часть dM своей массы с постоянною скоростью c. При этом остальная часть массы ракеты $(M - dM)$ получает некото-

рую бесконечно малую прибавку скорости dv. Сумма количеств движения обеих частей ракеты должна быть, по законам механики (см. выше), та же, что и до горения, т. е. должна равняться нулю:

$$cdM + (M - dM)\, dv = 0,$$

или, по раскрытии скобок.

$$cdM + Mdv - dMdv = 0.$$

Отбросив член $dMdv$, как бесконечно малую второго порядка (произведение двух бесконечно малых величин), имеем уравнение:

$$cdM + Mdv = 0,$$

которое представляем в виде

$$\frac{dv}{c} = -\frac{dM}{M}.$$

Интегрируя это дифференциальное уравнение, получаем:

$$\frac{v}{c} = -\operatorname{Lg} M + C,$$

где $\operatorname{Lg} M$ — натуральный логарифм M (т. е. логарифм M при основании $e = 2{,}718\ldots$), а C — некоторая постоянная величина, которую мы должны еще определить. Для этого примем $v = 0$, т. е. будем рассматривать ракету в самом начале горения. Тогда

$$\frac{v}{c} = 0,$$

и

$$0 = -\operatorname{Lg} M_0 + C.$$

Из этого равенства, где M_0 означает массу ракеты до горения, узнаем величину C:

$$C = \operatorname{Lg} M_0.$$

Следовательно,

$$\frac{v}{c} = \operatorname{Lg} M_0 - \operatorname{Lg} M = \operatorname{Lg} \frac{M_0}{M},$$

или:

$$e^{\frac{v}{c}} = \frac{M_0}{M} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Мы пришли к уравнению ракеты, или к «второй теореме Циолковского», которую он формулирует так:

«В среде без тяжести окончательная скорость (v) ракеты не зависит от силы и порядка взрывания, а только от количества взрывчатого материала (по отношению к массе ракеты) и от устройства взрывной трубы». (От формы трубы зависит величина скорости c вытекания газов.)

Вычислим теперь продолжительность горения. Если ускорение, сообщаемое ракете горением, есть величина постоянная, равная p, то окончательная скорость ракеты (по формуле равномерно-ускоренного движения)

$$v = pt,$$

где t — продолжительность горения. Отсюда продолжительность сгорания взрывчатых веществ ракеты в среде без тяжести:

$$t = \frac{v}{p}.$$

Считая, что наибольшее ускорение, безопасно переносимое нашим организмом, в 3 раза больше ускорения земной тяжести, т. е. равно 30 *м* (при этом мы чувствуем себя втрое тяжелее) — находим, что для отправления ракеты в круговой полет около Земли потребовалось бы — при отсутствии тяжести — сжигать горючее в течение

$$t = \frac{7900}{30} = 263 \text{ секунды};$$

для отправления на Луну

$$t = \frac{11090}{30} = 366 \text{ секунд};$$

а для отправления за пределы солнечной системы

$$t = \frac{16700}{30} = 555 \text{ секунд}.$$

При всех этих вычислениях не учитывалось земное притяжение, влияние которого мы сейчас вкратце рассмотрим.

b) Движение ракеты в условиях тяжести.

Ускорение a, приобретаемое ракетой при отвесном подъеме с Земли, равно, очевидно, разности между собственным ускорением ракеты p и ускорением земной тяжести g:

$$a = p - g.$$

Так как приобретаемая при этом ракетой окончательная скорость $v_1 = at$, то продолжительность горения равна $\frac{v_1}{a}$, т. е.

$$t = \frac{v_1}{p - g}.$$

Из этого равенства и прежде полученного $v = pt$ мы выводим, что при одинаковой продолжительности горения $(t = t_1)$:

$$v = pt = p \cdot \frac{v_1}{p - g} = v_1 \cdot \frac{p}{p - g},$$

откуда

$$v_1 = v \cdot \frac{p - g}{p} = v\left(1 - \frac{g}{p}\right).$$

Значит

$$\boxed{v_1 = v - v\frac{g}{p}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

То-есть: окончательная скорость ракеты в среде тяжести меньше, чем в среде без тяжести на такую же долю, какую ускорение (g) тяжести составляет от собственного ускорения (p) ракеты.

Далее, зная из предыдущего, что в среде без тяжести

$$v = c \operatorname{Lg} \frac{M_0}{M},$$

получаем, что окончательная скорость v_1 ракеты в среде тяжести

$$v_1 = c \operatorname{Lg} \frac{M_0}{M}\left(1 - \frac{g}{p}\right), \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

или

$$e^{\frac{v_1}{c}} = \frac{M_0}{M}\left(1 - \frac{g}{p}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

Формула (5) позволяет вычислять окончательную скорость, приобретаемую ракетой в поле тяготения, если известно отношение $\frac{M_0}{M}$ масс заряженной и незаряженной ракеты и ее собственное ускорение p. Это последнее, мы знаем, не должно превышать 3 — 4-кратного ускорения земной тяжести, чтобы быть безвредным для человеческого организма. При $p = 3g$ имеем

$$e^{\frac{v_1}{c}} = \frac{2}{3}\frac{M_0}{M}.$$

Формулы эти не принимают, конечно, в расчет сопротивления воздуха.

В качестве примера приложим формулу (5) к вычислению скорости, приобретаемой «космической» ракетой Циолковского (см. гл. XI). Начнем с вычисления скорости «земной» ракеты, принимая собственное ускорение p ракеты равным 4-кратному ускорению земной тяжести ($p=4g$). В проекте Циолковского для «земной» ракеты отношение

$$\frac{M_0}{M} = \frac{60}{20} = 3.$$

Поэтому формула (5) получает вид:

$$e^{\frac{v_1}{c}} = 3\left(1 - \frac{1}{4}\right) = 2{,}25,$$

откуда

$$\frac{v_1}{c} = 0{,}8,$$

и

$$v_1 = 0{,}8\,c.$$

Принимая $c = 5$ *км* (водородная ракета), имеем для скорости земной ракеты $v_1 = 4$ *км* в сек.

Для ракеты космической

$$\frac{M_0}{M} = 10,$$

и

$$e^{\frac{v_2}{c}} = 10 \times \frac{3}{4} = 7{,}5,$$

$$\frac{v_2}{c} = 2;$$

$$v_2 = 2 \times 5 = 10 \text{ км},$$

$$v = v_1 + v_2 = 14 \text{ км}.$$

Космическая ракета покинет Землю со скоростью 14 *км* в сек. (приблизительно, так как ракета взлетает не отвесно).

Полезное действие свободной ракеты и ракетного экипажа.

Подсчитаем, какую долю энергии потребляемого горючего ракета переводит в полезную механическую работу.

Обозначим, как прежде, массу свободной ракеты до взрывания через M_0, после взрывания — через M; масса израсходованного горючего выразится тогда через $M_0 - M$; скорость вытекания газа c. Живая сила вытекающих газов, т. е. кинетическая энергия горючего, равна

$$\frac{1}{2}(M_0 - M)c^2.$$

Кинетическая же энергия ракеты при скорости v равна

$$\frac{1}{2} Mv^2.$$

Отношение второй величины к первой и есть коэффициент k полезного действия свободной ракеты:

$$k = \frac{1}{2} Mv^2 : \frac{1}{2}(M_0 - M)c^2 = \frac{M}{M_0 - M} \cdot \frac{v^2}{c^2}$$

или

$$k = \frac{\left(\frac{v}{c}\right)^2}{\frac{M_0}{M} - 1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Из формулы (2) имеем, что

$$\frac{M_0}{M} - 1 = e^{\frac{v}{c}} - 1.$$

Значит в среде без тяжести полезное действие ракеты

$$\boxed{k = \frac{\left(\frac{v}{c}\right)^2}{e^{\frac{v}{c}} - 1}} \qquad (7)$$

Оно достигает наибольшей величины при $\frac{v}{c} = 1{,}6$ и равно тогда 65%.

Если $\frac{v}{c}$ невелико, можно формулу (7) упростить, исходя из того, что

$$e^{\frac{v}{c}} = 1 + \frac{v}{c} + \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2}{c^2} + \cdots$$

Тогда

$$k = \frac{\left(\frac{v}{c}\right)^2}{\frac{v}{c} + \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{\frac{c}{v} + \frac{1}{2}} \qquad (8$$

В среде тяжести выражение для k сложнее; для случая вертикального подъема его нетрудно вывести, подставив в формулу (6) соответствующее значение $\frac{M_0}{M}$ из формулы (5).

Иначе выразится коэффициент полезного действия ракетного экипажа (вообще — несвободной ракеты), где существенную роль играют такие помехи движению, как трение и сопротивление воздуха. Рассмотрим случай равномерного движения авторакеты, т. е. случай, когда работа ракет равна работе сопротивлений. Так как импульс силы равен количеству движения, то, обозначая через f силу, выбрасывающую продукты взрыва (она равна силе, увлекающей автомобиль), а через t — продолжительность движения, имеем

$$ft = (M_0 - M)c,$$

где M_0 — масса автомобиля до взрывания, M — его масса после взрывания; c — скорость вытекания газов. Для удобства обозначим $M_0 - M$, т. е. запас горючего, через Q. Тогда:

$$f = \frac{Qc}{t}.$$

Полезная же работа автомобиля равна:

$$fs = \frac{Qc}{t} \cdot vt = Qcv,$$

так как путь $s = vt$, где v — скорость автомобиля.

Энергия, затраченная при этом, составляется из двух частей: 1) из той, которая была израсходована на приведение горючего в равномерное движение со скоростью v; эта часть равна $\frac{1}{2} Qv^2$; 2) из той, которая расходуется на сообщение частицам отбрасываемых газов скорости c; часть эта $= \frac{1}{2} Qc^2$. Вся затраченная энергия равна

$$\frac{1}{2} Qv^2 + \frac{1}{2} Qc^2.$$

Отсюда искомое полезное действие

$$k = \frac{Qcv}{\frac{1}{2} Qv^2 + \frac{1}{2} Qc^2} = \frac{2\frac{v}{c}}{1 + \frac{v^2}{c^2}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Оно достигает наибольшей величины при $v = c$, т. е. когда автомобиль движется со скоростью вытекания продуктов взрыва.

По этой формуле легко вычислить полезное действие ракетного автомобиля; например, для $c = 2\,000$ *м* в сек., и $v = 200$ *км* в час $= 55$ *м* в сек.:

$$k = 5{,}5\%.$$

Чтобы соперничать в экономичности с обыкновенным автомобилем, полезное действие которого около 20%, авторакета должна обладать скоростью не ниже 760 *км* в час. Но подобная скорость для колесного экипажа недопустима,

так как сопряжена с опасностью разрыва бандажей колес центробежной силой.

4. НАЧАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПЕРЕЛЕТОВ.

Начальная скорость.

I.

Некоторые читатели пожелают, вероятно, узнать, как вычисляется начальная скорость, с которой тело должно покинуть планету, чтобы преодолеть силу ее притяжения. Вычисление основано на законе сохранения энергии. Тело должно получить при взлете запас кинетической энергии, равный той работе, которую ему предстоит совершить. Если масса тела m, а искомая скорость v, то кинетическая энергия («живая сила») тела в момент взлета

$$\frac{mv^2}{2}.$$

Работа же, совершаемая телом при перемещении с поверхности планеты в бесконечность (при отсутствии других центров притяжения), равна, — как устанавливает небесная механика

$$-\frac{kMm}{R},$$

где M — масса планеты, R — ее радиус, а k — так называемая постоянная тяготения.* Абсолютную величину этой работы приравниваем запасу кинетической энергии:

$$\frac{kMm}{R}=\frac{mv^2}{2},$$

откуда

$$v^2=\frac{2kM}{R}.$$

Далее, мы знаем, что вес тела на поверхности планеты, т. е. сила, с какою планета его притягивает, равен, по закону тяготения:

$$\frac{kMm}{R^2},$$

* См. Прибавление 1-е.

если масса тела m. Механика даст нам также и другое выражение для веса — произведение массы на ускорение, ma. Значит

$$ma = \frac{kMm}{R^2},$$

откуда

$$\frac{kM}{R} = aR$$

и следовательно формула

$$v^2 = \frac{2kM}{R}$$

принимает вид:

$$v^2 = 2aR,$$

откуда

$$\boxed{v = \sqrt{2aR}} \quad \dots\dots\dots\dots\dots \quad (10)$$

Подставляя вместо a — ускорение тяжести на планете, а вместо R — ее радиус, получаем величину скорости, с какою тело навсегда покидает планету. Например, для Луны $a = 1{,}6$ *м*, $R = 1\,740\,000$ *м*. Поэтому искомая скорость

$$v = \sqrt{2 \times 1{,}6 \times 1\,740\,000} = 2{,}36 \text{ км в сек.}$$

На том же можно основать вычисление начальной скорости ядра или ракеты, которые, покинув Землю, должны долететь до точки равного притяжения между Землей и Луной. Масса Земли в 81 раз больше массы Луны, а так как сила притяжения уменьшается пропорционально квадрату удаления, то притяжения Земли и Луны уравниваются на расстоянии от Земли, в 9 раз большем, чем от Луны (тогда притяжение Земли ослабеет в 9×9, т. е. в 81 раз больше, чем притяжение Луны). Значит, точка равного притяжения лежит в 0,9 расстояния между Землей и Луной; последнее равно 60,3 радиуса R земного шара, так что ядро должно пролететь расстояние $D = 0{,}9 \times 60{,}3\, R = 54{,}3\, R$. Обозначив иско-

*

мую скорость, с какою тело должно покинуть Землю, через v, имеем для кинетической энергии тела в момент вылета $\frac{mv^2}{2}$, где m — масса тела. Произведенная же этим телом работа, по законам небесной механики, равна разности потенциальной энергии E_1 и E в конечной и начальной точках пути.

Поэтому

$$\frac{mv^2}{2} = E_1 - E.$$

Здесь E_1 есть потенциальная энергия тела в конечной точке пути по отношению к Земле и к Луне. Первая часть потенциальной энергии равна:

$$-\frac{kmM}{D},$$

где k — постоянная тяготения; M — масса Земли, m — масса брошенного тела, D — расстояние тела от центра Земли в конечной точке пути.

Вторая доля равна потенциальной энергии (по отношению к Луне):

$$-\frac{kmM_1}{d},$$

где k и m имеют прежние значения, M_1 — масса Луны, d — расстояние тела от центра Луны в конечной точке пути.

Величина E есть потенциальная энергия тела (в точке земной поверхности) по отношению к Земле и Луне.

Она равна

$$-\frac{kmM}{R} - \frac{kmM_1}{L},$$

где R радиус Земли, L — расстояние от поверхности Земли до центра Луны, а $к$, m, M и M_1 имеют прежние значения.

Итак,

$$\frac{mv^2}{2} = E_1 - E = \left(-\frac{kmM}{D} - \frac{kmM_1}{d}\right) - \left(-\frac{kmM}{R} - \frac{kmM_1}{L}\right),$$

или

$$\frac{v^2}{2} = \frac{kM}{R} + \frac{kM_1}{L} - \frac{kM}{D} - \frac{kM_1}{d}.$$

Подставим:

$$M_1 = 0{,}012\,M, \qquad D = 54{,}3\,R,$$
$$L = 59{,}3\,R, \qquad d = 6\,R.$$

Имеем:

$$\frac{v^2}{2} = \frac{kM}{R} + \frac{k\cdot 0{,}012M}{59{,}3R} - \frac{kM}{54{,}3R} - \frac{k\cdot 0{,}012M}{6R},$$

или

$$\frac{v^2}{2} = 0{,}98\cdot\frac{kM}{R}.\ *$$

Откуда

$$v = \sqrt{1{,}96\cdot\frac{kM}{R}}.$$

Известно, что

$$M = 598\cdot 10^{25}\ г$$
$$R = 6\,378\cdot 10^{5}\ см$$
$$к = 1 : 15\,000\,000\ \text{дины}.$$

Выполнив вычисления, получаем искомую скорость

$$v = 1\,107\,000\ см = 11{,}07\ км.$$

Указанным способом можно вычислить скорость и в других подобных случаях. Например, для определения скорости ракеты, взлетающей с Луны по направлению к Земле, имеем уравнение:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kMm}{54R} + \frac{kM_1m}{6R} - \frac{kMm}{60R} - \frac{kM_1m}{0{,}27R}.$$

Здесь предполагается, конечно, что ракета должна достичь лишь точки равного притяжения, откуда начнется падение на Землю. Зная, что масса M_1 Луны $= \frac{M}{81}$, где M — масса Земли, имеем (после сокращения на m):

$$\frac{v^2}{2} = \frac{kM}{54R} + \frac{kM}{486R} - \frac{kM}{60R} - \frac{kM}{22R}.$$

---

* Это выражение можно заменить другим, если принять во внимание, что вес тела $mg = \frac{kmM}{R^2}$ и следовательно, $\frac{kM}{R} = gR$. Получаем $\frac{v^2}{2} = 0{,}98gR$ и $v = \sqrt{1{,}96\,gR}$, где g = ускорение земной тяжести = 981 *см* (в этой формуле все величины берутся в единицах *CGS* системы).

Откуда $v = 2{,}27$ *км*, — на 90 *м* меньше, чем скорость, вычисленная выше без принятия в расчет притяжения Земли. С такой же скоростью должно удариться о лунную почву тело, — в том числе и звездолет — падающие на Луну из точки равного притяжения, имея Землю позади себя.

II.

Вычисляя скорость, с какою тело должно покинуть Землю для удаления в бесконечность, мы принимали, что Земля — единственный центр притяжение которого тело должно при этом преодолеть. На самом же деле приходится считаться также и с притяжением Солнца. Чтобы учесть это обстоятельство, установим сначала зависимость между скоростью тела по орбите и другими величинами.

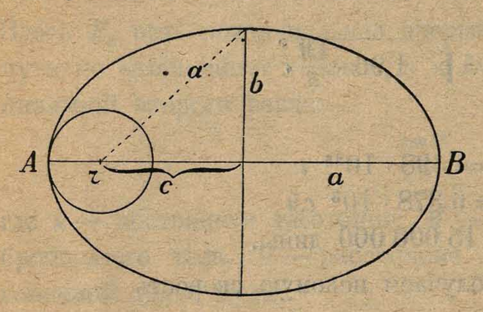


Рис. 47. К расчету скорости отлета.

По второму закону Кеплера, площади, описываемые радиусом-вектором в равные времена, равны. Пусть тело (планета) движется вокруг Солнца по эллипсу с полуосями a и b; период обращения — T секунд, секундная скорость v, радиус-вектор — r. Тогда имеем равенство

$$\frac{vr}{2} = \frac{\pi ab}{T},$$

где левая часть есть выражение (приближенное) для площади, описываемой радиусом-вектором в одну секунду, а πab — площадь эллипса. Из этого равенства получаем

$$v = \frac{2\pi ab}{rT} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (11)$$

Пусть теперь тело (звездолет, планета), движущееся вокруг Солнца по круговой орбите радиуса r, должно перейти в точке A своего пути на эллиптическую орбиту с полуосями

a и b. Определим, какое для этого необходимо изменение скорости.

Из третьего закона Кеплера следует, что отношение квадрата периода обращения планеты к кубу ее среднего расстояния от Солнца (или большой полуоси) есть величина постоянная; для планет солнечной системы эта постоянная равна (в единицах системы *см-г-сек.*)

$$\frac{T^2}{r^3} = 3 \cdot 10^{-25},$$

откуда

$$T = \sqrt{3 \cdot 10^{-25} r^3} = 5{,}47 \cdot 10^{-13} \sqrt{r^3}.$$

Отсюда имеем скорость v_k кругового движения около Солнца на расстоянии r

$$v_k = \frac{2\pi r}{T} = \frac{1{,}15 \cdot 10^{13}}{\sqrt{r}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

Обращаясь к эллиптической орбите, имеем (черт. 47) прежде всего

$$b = \sqrt{a^2 - c^2} = \sqrt{(a - c)(a + c)} = \sqrt{r(2a - r)}.$$

Из формулы (11) мы знаем, что скорость $v_э$ движения по эллиптической орбите в точке A

$$v_э = \frac{2\pi ab}{rT} = \frac{2\pi a}{T} \cdot \frac{b}{r} = \frac{1{,}15 \cdot 10^{13}}{\sqrt{a}} \cdot \frac{b}{r} =$$

$$= \frac{1{,}15 \cdot 10^{13}}{\sqrt{a}} \cdot \frac{\sqrt{r(2a - r)}}{r} = \frac{1{,}15 \cdot 10^{13}}{\sqrt{r}} \sqrt{2 - \frac{r}{a}} \quad \ldots \quad (13)$$

Так как скорость $v_к$ движения по круговой орбите (12)

$$v_к = \frac{1{,}15 \cdot 10^{13}}{\sqrt{r}},$$

то из сопоставления формул (13) и (12) имеем

$$v_э = v_к \sqrt{2 - \frac{r}{a}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

По этой формуле и вычисляется скорость, какую необходимо сообщить звездолету, чтобы он с круговой орбиты перешел на эллиптическую или удалился в бесконечность.

В последнем случае полагаем большую полуось a эллипса равной бесконечности. Имеем:

$$v_{\infty} = v_{к}\sqrt{2 - \frac{r}{\infty}} = v_{к}\sqrt{2},$$

т. е. для удаления звездолета с круговой орбиты в бесконечность необходимо, чтобы круговая скорость его увеличилась в $\sqrt{2}$ раз. Так, для удаления с земной орбиты (соотв. скорость 29,6 *км* в сек.) в бесконечность, нужна скорость

$$v_{\infty} = 29{,}6\sqrt{2} = 41{,}8,$$

т. е. приращение скорости $41{,}8 - 29{,}6 = 12{,}2$ *км* в сек.

Теперь мы можем вычислить скорость, какая должна быть сообщена звездолету для преодоления притяжения Земли и Солнца и, следовательно, для свободного удаления с Земли в бесконечность. Чтобы преодолеть земное притяжение, нужна начальная скорость 11,2 *км* в сек., т. е. работа (живая сила) для каждого *кг* веса звездолета

$$\frac{11\,200^2}{2g} \text{ кг/м}.$$

Чтобы преодолеть солнечное притяжение, нужна работа ($v = 12\,200$ *м* в сек.).

$$\frac{12\,200^2}{2g} \text{ кг/м}.$$

Общая работа для преодоления совокупного притяжения Земли и Солнца равна

$$\frac{11\,200^2 + 12\,200^2}{2g}.$$

Искомая скорость x получается из уравнения

$$\frac{x^2}{2g} = \frac{11\,200^2 + 12\,200^2}{2g},$$

откуда

$$x = \sqrt{11\,200^2 + 12\,200^2} = 16\,600 \text{ м в сек.}$$

Вычислим теперь начальные (минимальные) скорости, необходимые для достижения планет — Марса и Венеры. Для Марса

$$a = \frac{150 \cdot 10^6 + 228 \cdot 10^6}{2} = 189 \cdot 10^6 \text{ км.}$$

Поэтому из формулы (14) имеем

$$v = 29{,}6\sqrt{2 - \frac{150}{189}} = 32{,}6 \text{ км в сек.}$$

т. е. нужна добавочная скорость $32{,}6 - 29{,}6 = 3$ *км.*

Искомая скорость для преодоления совокупного притяжения Земли и Солнца вычисляется, как сейчас было показано:

$$v_М = \sqrt{11{,}2^2 + 3^2} = 11{,}6 \text{ км в сек.}$$

Таким же образом определяем, что для достижения Венеры нужна минимальная скорость

$$v_В = \sqrt{11{,}2^2 + 2{,}5^2} = 11{,}4 \text{ км в сек.}$$

Подобным приемом получены все числа таблицы VI (стр. 69).

Продолжительность перелетов.

Перелет на Венеру. Продолжительность этого перелета, при условии минимальной затраты горючего, определится, если будет известен период обращения воображаемой планеты по эллипсу *TV* (черт. 48). Если *S* — Солнце, то *ST* $150 \cdot 10^6$ *км*, $SV = 108 \cdot 10^6$ *км*; среднее расстояние воображаемой планеты от Солнца $= \frac{1}{2}(150 + 108) \times 10^6 = 129 \times 10^6$ *км*. По третьему закону Кеплера,

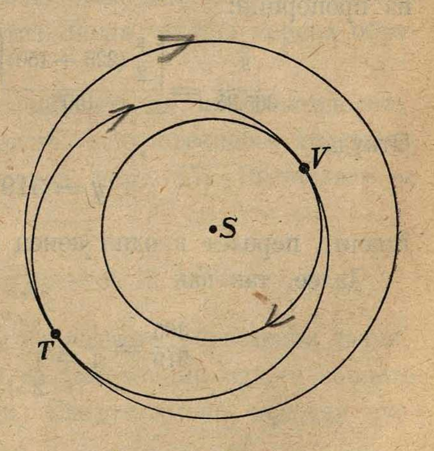


Рис. 48. Перелет с Земли на Венеру.

$$\frac{x}{225^2} = \frac{(125 \cdot 10^6)^3}{(108 \cdot 10^6)^3} = \frac{215}{126} = 1{,}7,$$

где x — продолжительность обращения воображаемой планеты, а 225 суток — продолжительность обращения Венеры.

$$225\sqrt{1,7} = 293 \text{ дня.}$$

Значит, полет в один конец займет 147 суток.

Далее, так как

$$\frac{365}{294} = 1 + \cfrac{1}{4 + \cfrac{1}{7 + \cfrac{1}{10}}},$$

то приближенно можно принять отношение периодов Земли и ракеты равным $1\frac{1}{4}$. Тогда 5 обращений ракеты приближенно равны 4 обращениям Земли:

$$4 \times 365 = 1\,460,$$
$$5 \times 294 = 1\,470.$$

Отсюда следует, что покинув Землю в точке *T* ракета снова найдет ее в этом месте только через 4 года.

Перелет на Марс. Время перелета определяется из пропорции:

$$\frac{y}{365,25} = \frac{\left[\frac{1}{2}(228 + 150)\right]^3}{150^3} = \frac{189^3}{150^3} = \frac{675}{338} = 2.$$

Откуда

$$y = 519 \text{ суток.}$$

Значит, перелет в один конец продлится 259 суток.

Далее, так как

$$\frac{365}{519} = \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \ldots}}}},$$

то приближенно это отношение $= 7:10$. Действительно:

$$7 \times 518 = 3\,626,$$
$$10 \times 365 = 3\,650.$$

Вторичная встреча ракеты с Землей (при минимальном расходовании горючего) произойдет лишь через 10 лет.

5. ВНЕЗЕМНАЯ СТАНЦИЯ.

Для относящихся сюда расчетов воспользуемся черт. 47. Круг радиуса r пусть изображает земной шар, а эллипс — тот путь, по которому звездолет из точки A земной поверхности (экватора) долетает до круговой орбиты искусственного спутника.

Прежде всего вычислим, каков должен быть радиус круговой орбиты (не изображенной на чертеже) этого спутника, чтобы время его обращения равнялось земным суткам. Применим 3-й закон Кеплера, зная, что Луна обходит Землю в 27,3 суток на расстоянии 60,3 земных радиусов от центра Земли:

$$\frac{27{,}3^2}{1^2} = \frac{60{,}3^3}{x^3}, \text{ откуда:}$$

$$x = \sqrt[3]{\frac{60{,}3^3}{27{,}3^2}} = \frac{60{,}3}{9{,}06} = 6{,}66.$$

Итак, внеземная станция должна находиться в расстоянии 6,66 земных радиусов от центра Земли, чтобы период обращения равнялся 24 часам.

Скорость, которую нужно сообщить на Земле звездолету, чтобы он достиг орбиты такого искусственного спутника, есть скорость в точке A эллипса черт. 47. Вычисляем ее по формуле (14):

$$v_A = v_к \sqrt{2 - \frac{r}{3{,}83r}} = v_к \times 1{,}32.$$

Здесь $v_к$ — скорость свободного кругового обращения небесного тела около центра Земли на расстоянии одного земного радиуса, т. е. 7,92 *км* в сек. Следовательно, искомая скорость v_A отлета

$$v_A \times 7{,}92 \times 1{,}32 \times 10{,}5 \text{ км.}^*$$

---

* Строго говоря, немного **меньше**, если воспользоваться суточным движением точек экватора.

С какой скоростью звездолет достигнет орбиты искусственного спутника? Другими словами: какова скорость в точке *B* эллипса, противолежащей точке *A*? Находим, ее, пользуясь **вторым** законом Кеплера; так как площади, описываемые радиусами-векторами в одну секунду равны, то

$$10{,}5 \times r = x \times 6{,}66\, r,$$

откуда

$$x = \frac{10{,}5}{6{,}66} = 1{,}6 \textit{ км}.$$

Сравним ее со скоростью движения внеземной станции по своей круговой орбите; последняя скорость, очевидно, в 6,66 раз больше скорости движения точек земного экватора (0,465 *км*):

$$0{,}465 \times 6{,}66 = 3{,}1 \textit{ км}.$$

Значит, звездолету понадобится еще дополнительная скорость в 3,1 — 1,6 = 1,5 *км* в сек., чтобы пристать к внеземной станции.

Далее, скорость, с какою звездолет должен покинуть внеземную станцию для достижения, например, орбиты Луны, вычислим по формуле (14), вообразив соответствующий эллипс, охватывающий орбиту станции и касающийся изнутри орбиты Луны:

$$v_L = v_c \sqrt{2 - \frac{6{,}66}{33{,}5}} = v_c \sqrt{1{,}8} = 1{,}34 \times v_c\,.$$

Так как скорость станции (v_c) равна 3,1 *км*, то искомая скорость = 1,34 × 3,1 = 4,1 *км*.

Это всего на триста метров меньше той скорости, какая нужна здесь для полного освобождения от земного притяжения

$$(3{,}1 \times \sqrt{2} = 4{,}4 \textit{ км}).$$

Если принять во внимание, что сама станция-спутник обладает скоростью в том же направлении, то для достижения Луны с внеземной станции понадобится лишь дополнительная скорость в 4,1 — 3,1 = 1 *км* в сек. Соответствую-

щее отношение $\frac{M}{M_1}$ масс заряженной и незаряженной ракет, при скорости вытекания газа — 4 000 *м* (нефть) равно

$$\frac{M}{M_1} = e^{\frac{1\,000}{4\,000}} = e^{0,25} = 1,28.$$

Масса горючего должна составлять менее $\frac{1}{3}$ массы ракеты после взрывания. Даже если мы желаем, чтобы звездолет мог возвратиться на внеземную станцию, т. е. чтобы он сохранил запас горючего, достаточный для торможения (0,28 окончательной массы), мы должны снабдить его первоначально запасом горючего, составляющим только 0,4 веса всей заряженной ракеты. Отсюда очевидна огромная выгода создания внеземной станции в смысле облегчения остальных задач звездоплавания.

6. ДАВЛЕНИЕ ВНУТРИ ПУШЕЧНОГО ЯДРА.

Для читателей, которые пожелали бы проверить расчеты, упомянутые в главе VII, приводим здесь эти несложные вычисления.

Нам придется пользоваться лишь двумя формулами равноускоренного движения, именно:

1) Скорость v в конце t-ой секунды равна at, где a — ускорение:

$$v = at.$$

2) Пространство S, пройденное в течение t секунд, определяется формулой:

$$S = \frac{at^2}{2}.$$

По этим двум формулам легко определить (разумеется, только приблизительно) ускорение движения ядра, когда оно скользило в канале исполинской Жюля-Верновой пушки.

Нам известна из романа длина пушки — 210 метров: это и есть пройденный путь S. Романист указывает и скорость ядра у выхода из орудия: 16 000 метров. Данные эти позво-

ляют нам определить прежде всего величину t-продолжительность движения снаряда в канале орудия (рассматривая это движение, как равномерно-ускоренное). В самом деле:

$$v = at = 16\,000,$$

$$210 = S = \frac{at \cdot t}{2} = \frac{16\,000 \cdot t}{2} = 8\,000\,t,$$

$$\text{откуда } t = \frac{210}{8\,000} = \text{около } \frac{1}{40}.$$

Итак, оказывается, что ядро скользило внутри пушки всего 40-ю долю секунды.

Подставив $t = \frac{1}{40}$ в формулу $v = at$, имеем:

$$16\,000 = \frac{a}{40}, \text{ откуда } a = 640\,000 \text{ метров.}$$

Значит, ускорение ядра при движении в канале равно 640 000 метров в секунду, т. е. в 64 000 раз больше ускорения силы земной тяжести.

Какой же длины должна быть пушка, чтобы ускорение это было всего в 20 раз больше ускорения тяжести (т. е. равнялось 200 метрам)?

Это — задача, обратная той, которую мы только что решили. Данные: $a = 200$ метров; $v = 11\,000$ метров (при отсутствии сопротивления атмосферы такая скорость достаточна).

Из формулы $v = at$ имеем; $11\,000 = 200\,t$, откуда $t = 55$ секундам.

Из формулы $S = \frac{at^2}{2} = \frac{at \cdot t}{2}$ получаем, что длина пушки должна равняться $\frac{11\,000 \times 55}{2} = 302\,500$ метров, т. е. круглым счетом около 300 километров.

7. ПРОЕКТ КИБАЛЬЧИЧА.

«Когда я явился к Кибальчичу, — говорил судьям его защитник, — меня прежде всего поразило, что он был занят совершенно иным, ничуть не касающимся настоящего процесса. Он был погружен в изыскание, которое он делал

о каком-то воздухоплавательном снаряде; он жаждал, чтобы ему дали возможность написать свои математические изыскания об этом изобретении. Он их написал и представил по начальству».

Начальник жандармского управления, получив рукопись Кибальчича, передал ее в департамент полиции. Там решили, что «давать ее на рассмотрение ученых теперь едва ли будет своевременно и может вызвать только неуместные толки», а потому проект был запечатан в конверт и подшит к делу. С 1882 г. по август 1917 г. пакет хранился нетронутым в секретных архивах департамента полиции. Вся история авиации — от первых попыток Райтов до мощных военных аэропланов — успела развиться, а проект русского революционера, одна из самых смелых технических идей, какие когда-либо рождались в уме человека. — лежал безвестно для мира в архивной пыли.

Ниже мы приведем извлечения из этой рукописи Кибальчича (помеченной 23 марта 1881 г.).

ПРОЕКТ ВОЗДУХОПЛАВАТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

бывшего студента института путей сообщения Николая Ивановича Кибальчича, члена русской социально-революционной партии.

«Находясь в заключении, за несколько дней до своей смерти, я пишу этот проект. Я верю в осуществимость моей идеи, и эта вера поддерживает меня в моем ужасном положении.

«Если же моя идея, после тщательного обсуждения учеными специалистами, будет признана исполнимой, то я буду счастлив тем, что окажу громадную услугу родине и человечеству. Я спокойно тогда встречу смерть, зная, что моя идея не погибнет вместе со мной, а будет существовать среди человечества, для которого я готов был пожертвовать своей жизнью. Поэтому я умоляю тех ученых, которые будут рассматривать мой проект, отнестись к нему как можно серьезнее и добросовестнее и дать мне на него ответ как можно скорее.

«Прежде всего считаю нужным заметить, что, будучи на свободе, я не имел достаточно времени, чтобы разработать свой проект в подробностях и доказать его осуществимость математическими вычислениями. В настоящее же время я, конечно, не имею возможности достать нужные для этого материалы. Следовательно, эта задача — подкрепление моего проекта математическими вычислениями — должна быть сделана теми экспертами, в руки которых попадет мой проект. Кроме того, я не знаком с той массой подобных же проектов, которая появилась за последнее время, т. е., вернее сказать, мне известны приблизительно идеи этих проектов, но неизвестны те формы, в каких изобретатели думают осуществить свои идеи. Но, насколько мне известно, моя идея еще не была предложена никем.

«В своих мыслях о воздухоплавательной машине я прежде всего остановился на вопросе: какая сила должна быть употреблена, чтобы привести в движение такую машину».

Источником применимой к воздухоплаванию силы могут быть, по Кибальчичу, медленно горящие взрывчатые вещества.

«В самом деле, при горении взрывчатых веществ образуется более или менее быстро большое количество газов, обладающих, в момент образования, громадной энергией. Никакие другие вещества в природе не обладают способностью развивать в короткий промежуток времени столько энергии, как взрывчатые.

«Но каким образом можно применить энергию газов, образующихся при воспламенении взрывчатых веществ, в какой-либо продолжительной работе? Это возможно только под тем условием, если та громадная энергия, которая образуется при горении взрывчатых веществ, будет образовываться не сразу, а в течение более или менее продолжительного промежутка времени.

«Если мы возьмем фунт зернистого проху, вспыхивающего при зажиоганиимгновенно, спрессуем его под большим давлением в форму цилиндра, то увидим, что горение не сразу охватит цилиндр, а будет распространягься довольно

медленно от одного конца к другому и с определенной скоростью. Скорость распространения горения в прессованном порохе определена из многочисленных опытов и составляет 4 линии в секунду.

«На этом свойстве прессованного пороха основано устройство боевых ракет. Сущность этого устройства состоит в следующем. В жестяной цилиндр, закрытый с одного основания и открытый с другого, вставляется плотно цилиндр из прессованного пороха, имеющий по оси пустоту в виде сквозного канала; горение прессованного пороха начинается с поверхности этого канала и распространяется в течение определенного промежутка времени к наружной поверхности прессованного пороха; образующиеся при горении пороха газы производят давление во все стороны, но боковые давления газов взаимно уравновешиваются, давление же на дно жестяной оболочки пороха, не уравновешенное противоположным давлением (так как в эту сторону газы имеют свободный выход), толкает ракету вперед по тому направлению, на котором она была установлена в станке до зажигания. Траектория полета ракеты составляет параболу, подобно траектории ядер, выпущенных из орудий.

«Представим себе теперь, что мы имеем из листового железа цилиндр, закрытый герметически со всех сторон и только в нижнем дне своем заключающий отверстие. Расположим по оси этого цилиндра кусок прессованного пороха цилиндрической же формы и зажжем его с одного из оснований; при горении образуются газы, которые будут давить на всю внутреннюю поверхность металлического цилиндра, но давления на боковую поверхность будут взаимно уравновешиваться, и только давление газов на закрытое дно цилиндра не будет уравновешено противоположным давлением, так как с противоположной стороны газы имеют свободный выход через отверстие. Если цилиндр поставлен закрытым дном кверху, то, при известном давлении газов (величина которого зависит от емкости цилиндра и от толщины куска пороха), цилиндр должен подняться вверх».

Затем следуют некоторые технические детали проекта.

К своему проекту Кибальчич приложил чертеж прибора, который мы здесь воспроизводим (см. рис. 49). Действие его объясняется в записке так:

«В цилиндре *A*, имеющем в нижнем дне отверстие *C*, устанавливается по оси, ближе к верхнему дну, пороховая свечка *K* (цилиндрик из прессованного пороха). Цилиндр посредством стоек *NN* прикреплен к средней части платформы *P*, на которой стоит воздухоплаватель...* Для зажигания пороховой свечки, а также для установления новой свечки на место сгоревшей, должны быть придуманы особые автоматические механизмы. Представим теперь, что свечка *K* зажжена. Через очень короткий промежуток времени цилиндр *A* наполняется горячими газами, часть которых давит на верхнее дно цилиндра, и если это давление превосходит вес цилиндра, платформы и воздухоплавателя, то прибор должен подняться вверх». Для управления аппаратом можно устроить цилиндр так, чтобы его можно было направлять в желаемую сторону.

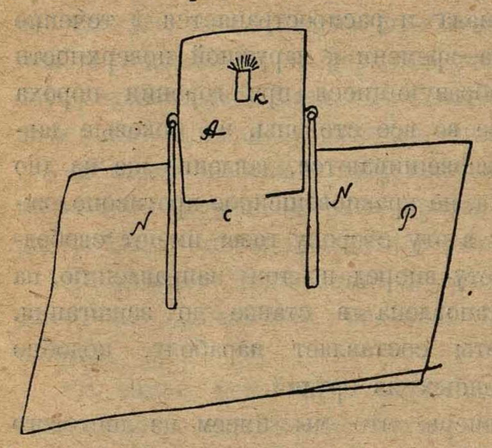


Рис. 49. Проект ракетной летательной машины Н. И. Кибальчича (с собственноручного наброска).

«Чтобы аппарат опустился на землю, нужно вставлять пороховые свечки постепенно все меньшего диаметра, и тогда аппарат также будет постепенно опускаться.

«Верна или неверна моя идея — может решить окончательно лишь опыт», — заканчивает Кибальчич свою записку.

Проектируемый аппарат предназначался Кибальчичем не для межпланетных перелетов, а для перемещения на земном

* В этой платформе против цилиндра *A* должно быть не обозначенное на чертеже отверстие, чтобы выходящие из *A* газы не ударяли о платформу. *Я. П.*

шаре. Но машина, устроенная по примененному им принципу, могла бы, очевидно, двигаться также в пустом безвоздушном пространстве, почему Кибальчича по справедливости следут считать родоначальником реактивных аппартов. Принцип действия таких аппаратов высказан им в проекте с удивительной отчетливостью.

8. НЕВЕСОМОСТЬ СВОБОДНО ПАДАЮЩИХ ТЕЛ.

Положение, что свободно падающее или брошенное вверх тело ничего не весит, представляется многим настолько необычным и неожиданным, что его готовы принять за физический софизм (вывод правдоподобный, но ложный). Уместно будет поэтому указать на несколько опытов, могущих подтвердить правильность этого утверждения.

Первый опыт подобного рода, насколько мне известно, выполнен был знаменитым Лейбницем. Он «привешивал к чашке весов довольно длинную, наполненную водой трубку; на поверхность воды помещал металлический шарик, пустой внутри и закрытый. Устанавливал равновесие, затем открывал отверстие плавающего шарика. Шарик наполнялся водою и падал вниз. Во время движения шарика соответствующая сторона весов становилсь легче, чашка с разновесками перетягивала («История физики» Фишера).

Целый ряд опытов подобного рода был выполнен около 1892—1893 гг. известным физиком проф. Н. А. Любимовым. Из этих остроумных опытов — странным образом преданных забвению,* — укажем следующие:

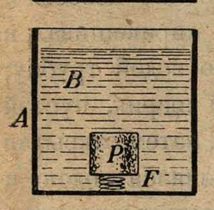
1. Маятник с твердым стержнем, привешенный к вертикальной доске, отводится в сторону и удерживается в этом положении штифтом. Когда доске с этим маятником дают свободно падать, вынув штифт, удерживающий маятник, то

* В русских книгах (не считая очень редкой теперь брошюры самого Н. А. Любимова и его журнальных статей) я не нашел упоминания об этих опытах, и только в немецком сочинении Г. Гана «Physikalische Freihandversuche» встречается оиисание некоторых из них. Пользуюсь случаем с благодарностью отметить, что первым указанием на принадлежность описываемых далее опытов проф. Н. А. Любимову я обязан любезности проф. А. В. Цингера.

последний остается в отклоненном положении, не обнаруживая стремления раскачиваться. *

2. К такой же доске прикрепляют стеклянную трубку в наклонном положении: вверху трубки кладут на ее скошенный край тяжелый шарик, удерживаемый штифтом. В момент падения доски штифт удаляют, но шарик остается вверху трубки, не скатываясь внутрь ее.

3. На той же доске укрепляют магнит, а под ним на палочку кладут железную полоску (якорь) в таком расстоянии, чтобы магнит не мог ее поднять. Во время падения доски с магнитом и якорем последний притягивается магнитом.



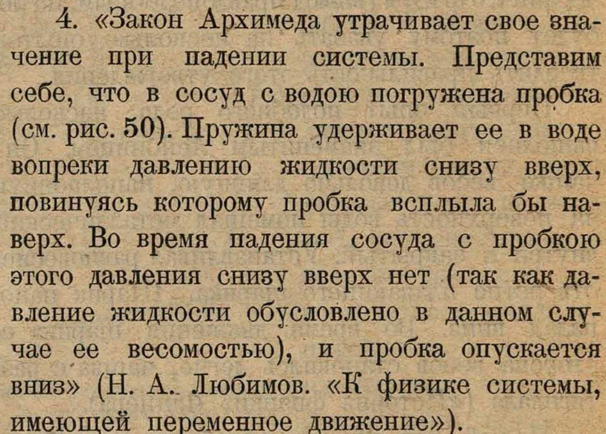


Рис. 50. Один из опытов проф. Н. А. Любимова. Отмена закона Архимеда в падающей системе.

4. «Закон Архимеда утрачивает свое значение при падении системы. Представим себе, что в сосуд с водою погружена пробка (см. рис. 50). Пружина удерживает ее в воде вопреки давлению жидкости снизу вверх, повинуясь которому пробка всплыла бы наверх. Во время падения сосуда с пробкою этого давления снизу вверх нет (так как давление жидкости обусловлено в данном случае ее весомостью), и пробка опускается вниз» (Н. А. Любимов. «К физике системы, имеющей переменное движение»).

Отметим еще одно любопытное явление: жидкость из сосуда в падающей системе, под давлением больше атмосферного, вытекает прямолинейной струей без параболического изгибания.

«Явления того же порядка — пишет Н. А. Любимов в упомянутой выше брошюре — могут быть наблюдаемы, в известной степени, не только при свободном падении системы, но и в системе, катящейся вниз по наклонной плоскости или качающейся. Опыты катящейся по наклонной плоскости или качающейся системой могут быть произведены с тем

* Это явление принимается в соображение при устройстве для лифтов и клетей (в шахтах) безопасных приспособлений, которые должны автоматически начать действовать в случае разрыва подъемного каната. *Я. П.*

большим удобством, что наблюдатель сам может поместиться в скатывающейся или качающейся системе (катиться с горы, качаться на качелях) и следить за явлением. Нет особого затруднения устроить и свободно падающую систему с помещенным в ней наблюдателем, озаботившись, чтобы падающая система, — напр., корзина на перекинутой через блок веревке — достигала земли без толчка, с утраченною уже скоростью». *

Вопрос этот — несмотря на элементарность — почти не затрагивается ни в учебниках, ни в большинстве общедоступных книг по физике. Укажем поэтому несколько сочинений, в которых он рассматривается с той или иной стороны (начинаем с более общедоступных):

В. Л. Розенберг, Первые уроки физики. 1914. **

Я. И. Перельман, Занимательная физика. 1928.

К. Э. Циолковский, Грезы о земле и небе. 1895.

Н. А. Любимов, Из физики системы, имеющей переменное движение. 1893.

Герман Ган, Физические опыты. Русск. перевод в изд. «Физика любителя». 1911. Ч. I, § 48. Сила тяжести.

А. Поспелов. Об относительной потере веса тел в падающей системе. 1913.

Его же, Мир переменной весомости тел.

Кроме того, с иной точки зрения о том же трактуется во многих книгах, посвященных общему принципу относительности.

9. ОТСУТСТВИЕ ТЯЖЕСТИ И УСИЛЕННАЯ ТЯЖЕСТЬ.

Часто высказываются опасения, что последствия для живого организма от помещения его в среду без тяжести

---

* В 90-х годах XIX века подобное устройство было предложено (но, кажется, не осуществлялось) во Франции в качестве развлечения для любителей сильных ощущений; камера с посетителями должна была падать с высокой башни в бассейн с водою; погружаясь в воду, камера замедляет свое движение, останавливается и затем всплывает. *Я. П.*

** Соответствующая статья В. Л. Розенберга вошла в составленную мною «Физическую хрестоматию» (1924 г.), вып. I.

должны быть роковыми. Опасения эти, однако, ни на чем, в сущности, не основаны. Если систематически рассмотреть, какие именно функции нашего организма могли бы серьезно расстроиться вследствие утраты веса, то окажется, что таких функций нет. *

«Отсутствие тяжести — пишет Г. Оберт — не может причинить нам никакого физического вреда. Уже тот факт, что все жизненные процессы протекают в нашем теле как при его отвесном, так и при горизонтальном положении, доказывает, что мы (в отличие от растений) не приспособлены лишь к определенному направлению тяжести».

Невесомость — по исследованиям Оберта — может оказывать на человека лишь вредное психическое действие. В первые моменты, особенно при внезапном переходе к условиям невесомости, ощущается безотчетный страх. Но мозг и внешние чувства функционируют необыкновенно интенсивно, мысли четки и безукоризненно логичны. Течение времени кажется замедленным; устанавливается своеобразная нечувствительность к боли и чувство безразличия. Позднее эти явления исчезают и уступают место ощущению свежести и повышенного напряжения жизненных явлений, сходному с действием возбуждающих нервы средств. Наконец, по истечении некоторого времени, психическое состояние возвращается к нормальному, хотя пребывание в среде без тяжести продолжается.

Того же мнения о физиологической безвредности отсутствия тяжести придерживается и К. Э. Циолковский.

«Во время падения или простого прыжка на нашей планете, пока мы еще не коснулись ногами ее почвы, мы также находимся, по отношению к нашему телу, одежде и предметам, при нас находящимся, в среде, свободной от тяжести, но явление это продолжается много-много полсекун-

* Многих смущает тот общеизвестный факт, что человек, подвешенный вниз головой, погибает; отсюда делают вывод о важном значении для нашего организма надлежаще направленной силы тяжести. Однако из того, что при определенном направлении своего действия фактор оказывается вредным, никак не следует, что и полное отсутствие этого фактора также будет вредно.

ды; в течение этого промежутка времени части нашего тела не давят друг на друга, пальто не отягчает плеч, часы не оттягивают кармана. При купании на Земле вес нашего тела также почти парализуется противоположным действием воды. Такое отсутствие веса может уже продолжаться неопределенно долгое время. Отсюда видно, что едва ли нужны какие-либо особые опыты для доказательства безвредности среды, лишенной тяжести».

Во время свободного падения тело не имеет веса, так что человек, падающий с высоты, находится в условиях невесомости. Но падение само по себе не причиняет никаких расстройств. Известен, например, случай с военным летчиком (С.Ш.А., 1925), который упал с аэроплана, захватив с собой парашют; он раскрыл парашют лишь после того как спустился на 270 метров, и ни на секунду не терял сознания во время падения. Более 7 секунд он был невесом. Артисты, выполняющие номер «человек-пушка» (их выстреливают из пружинного * орудия), пребывают во время своего перелета в состоянии невесомости до 4 секунд, не испытывая при этом никаких болезненных ощущений.

Отметим еще ошибочность соображения (высказанного некоторыми критиками моей книги), будто невесомый воздух внутри межпланетного дирижабля не должен оказывать никакого давления. Если бы это было верно, то, конечно, целый ряд явлений внутри небесного корабля происходил бы не так, как описано в главе XV. Но в действительности давление воздуха при данных условиях нисколько не связано с его весомостью. Весомость, конечно, была причиною того, что воздух близ земной поверхности сжат и давит во все стороны. Но этот сжатый воздух должен полностью сохранить свое давление и в том случае, если, в закрытом помещении, он становится невесомым. Ведь сжатая пружина не утрачивает своей упругости в среде без тяжести; карманные часы не изменят своего хода от перенесения с Земли

* Но никак не из порохового. Дым, видимый публикой — чисто декоративный.

на Луну или на самый маленький астероид. Сжатый газ — та же пружина и не должен утрачивать своей упругости при ослаблении тяжести или полной потере веса (если, конечно, газ заключен в герметически замкнутом пространстве). Воздух утратил бы свою упругость только при одном условии: если бы температура его понизилась до абсолютного нуля (т. е. до — 273 Ц): при температуре выше этой всякий газ должен обладать упругостью независимо от того, подвержен ли он тяжести или нет. Поэтому барометр-анероид показал бы в летящем небесном дирижабле то же самое давление, какое он показывал там до отлета. (Барометр же ртутный вовсе не пригоден в таких условиях потому, что он измеряет давление воздуха весом ртутного столба, который в среде без тяжести равен рулю.)

Многие думают также, что в среде без тяжести невозможно глотание. Это совершенно ошибочно. Акт глотания вовсе не обусловлен тяжестью: пища проталкивается по пищеводу действием его мускулов. Лебедь, страус, жираффа пьют при опущенной шее; акробаты могут пить, вися вниз головой. Проглоченная жидкость продавливается мускулами пищевода в желудок чрезвычайно быстро — в течение доли секунды. Твердая пища перемещается медленнее — у человека секунд 8 — 10 (в зависимости от величины проглоченного куска), — но во всяком случае без участия силы тяжести.

Что касается, напротив, усиленной тяжести, то она, вообще говоря, представляет для человека серьезную опасность, если превосходит известный предел. Животные могут переносить усиление тяжести в довольно широких пределах, как видно из опытов Циолковского.

«Я делал опыты с разного рода животными, — говорит Циолковский, — подвергая их действию усиленной тяжести на особых центробежных машинах... Вес рыжего таракана я увеличивал в 300 раз, а вес цыпленка раз в 10; я не заметил, чтобы опыт принес им какой-нибудь вред».

Удвоенную тяжесть человек переносит легко. При крутом снижении («пикировании») летчики при выходе из пике подвержены, как показывает расчет, трехкратной и даже четырехкратной искусственной тяжести; известен случай, когда летчик подвергся при таком спуске действию семикратной тяжести (т. е. двигался с ускорением 70 метров в сек.) и перенес ее — конечно, в течение всего нескольких секунд — без вреда для здоровья. Мы уже приводили случай — правда исключительный — с пожарным, прыгнувшим с высоты 25 метров на холст; человек этот подвержен был при ударе о холст ускорению в 24 раза сильнее нормального. Известно, что люди совершенно безвредно переносят прыжки с большой высоты в воду, — хотя, по расчетам Оберта, такой прыжок с 8 метров подвергает организм четырехкратному усилению тяжести *. Названный ученый полагает, что человек может переносить без вреда в направлении от головы к ногам ускорение 60 *м* в сек. (6-кратную тяжесть), а в поперечном—80—90 *м* в секунду (8-9-кратную тяжесть). «Весь вопрос в том, может ли он переносить это действие длительно, т. е. по крайней мере 200—600 секунд... Во время войны наблюдался такой случай: летчик со скоростью около 216 *км* в час. (=60 *м* в сек.) описал четыре петли винтовой линии диаметром не более 140 метров; в течение 29 секунд он подвержен был ускорению в 51,5 *м* в сек. без малейшего вреда. Этот случай говорит за то, что человек может и длительно переносить подобную степень усиления тяжести».

Такое же мнение высказывает и Макс Валье. В статье «Медицина и звездоплавание» («Ракета», 1928 г.) он пишет: «Можно принять, что человек способен без вреда для себя в течение нескольких минут переносить 3-4-кратное усиление тяжести, особенно когда его тело расположено поперек действующей силы, т. е. поперек к направлению

* «Человек-пушка» при падении на сетку подвергает свое тело усиленной тяжести, в 15 раз превышающей нормальную, не испытывая при этом болезненных ощущений.

движения аппарата. Отправляться надо, следовательно, лежа, располагаясь на мягком ложе (хороший тюфяк в свободно висящей койке), чтобы возможно больше квадратных сантиметров тела имели опору. Испытание человека по отношению к усиленной тяжести можно выполнить помощью специально для этого устроенной карусели, вращаемой настолько быстро, что действие центробежной силы в несколько раз превышает нормальное напряжение тяжести. Отправляться в полет с большим ускорением без предварительного испытания было бы рискованно — всякому понятно, что усиленная тяжесть затрудняет деятельность сердца, легких и других органов, выполняющих жизненные функции». *

Весьма показательны опыты, производившиеся недавно (1928) в Бреславле над действием центробежной силы на человека; напомним, что давление, обусловленное этой силой, ничем не отличается от давления, порождаемого тяжестью. Человек, предоставивший себя для опытов, производил самонаблюдения по определенной программе. Опыты велись на карусели. Расстояние центра тяжести испытуемого от оси вращения было 3,2 метра. При 24 оборотах в минуту равнодействующая центробежного ускорения и ускорения тяжести равнялась 23 метрам в секунду за секунду, т. е. больше нормального укорения тяжести в 2,3 раза. При этом сердце, дыхательный аппарат и мозг работали нормально. Самочувствие и мышление—такие же, как и в нормальных условиях. Заметно ощущалось лишь давление тела на наружную стенку. Руки и ноги казались отяжелевшими, но все же ими легко было управлять. Мускулы щек при боковом положении головы ощутительно оттягивались. С трудом удавалось держать голову прямо, не подпирая ее.

При более быстром вращении карусели достигалось ускорение, в 4,3 раза больше нормального. Но и при этих условиях не замечалось расстройств в деятельности сердца и дыхательного аппарата; сознание и все ощущения были

---

* В той же статье приводится упомянутое нами выше мнение проф. Кольхерстера о безвредности космических лучей для пассажиров звездолета.

нормальны. Руки и ноги заметно тяжелели, но ими все же можно было двигать. Чувствовалось, что одежда гораздо тяжелее. Всего ощутительнее было давление тела на наружную стенку. Производить наблюдения при еще более быстром вращении на этой карусели нельзя было из-за неприспособленности карусели.

10. ЧЕРЕЗ ОКЕАН НА РАКЕТЕ.

Приводимая далее статья д-ра мед. В. Шлера была помещена в немецком научном журнале «Die Umschau» в ноябре 1928 г. Под видом отчета корреспондента печати о первом рейсе ракетного самолета из Европы в Америку, состоявшегося будто бы в 1938 г., автор рисует картину будущего ракетного перелета через океан. В подлиннике статья озаглавлена «В 26 минут в Америку. Отчет нашего специального корреспондента». Перевод сделан с несущественными сокращениями.

«Стратосферный * полет представителей печати назначен был на сегодня в 13 часов. Прибыв на Темпельгофский аэродром, мы были встречены членами президиума Союза Звездоплавания, которые познакомили нас с особенностями ракетного полета. Аппарат, предназначенный для стратосферы, по внешности напоминает обыкновенные гражданские самолеты, и отличается от них лишь размерами и толщиной несущих плоскостей, внутри которых устроены кабины для пассажиров. Между кабинами помещается ракетный аппарат с выводной трубой, глядящий отверстием назад. На самолете установлена также ракетная группа, обращенная отверстиями вперед: она служит для торможения при спуске. Имеется и пара пропеллеров, которые при старте машины поднимают ее на известную высоту, прежде чем начнет работать спирто-кислородная ракета.

Мы получили объяснения по поводу важнейших предметов оборудования стратоплана,—например, аппаратов для до-

* Стратосферой называется слой атмосферы, простирающийся выше 15 километров. *Я. П.*

бывания и очищения искусственного воздуха, для отопления и т. п., сходных с соответствующим оборудованием подводной лодки. Входная дверь закрывается герметически, а во время полета завинчивается наглухо. Окно кабины тоже плотно примыкает к стене; стекло свинцовое, темнокоричневое. Такое окно пропускает лишь немного дневного света, так что кабина, несмотря на ясный солнечный день, освещалась электрическими лампами. Стены и потолок мягко обиты изнутри кожей, пол покрыт пробковой массой. На потолке, на стенах, у скамей имеются многочисленные ременные петли, держась за которые мы будем передвигаться в состоянии невесомости. Особенно интересны скамьи, устроенные в кабине поперек направлению полета; это вогнутые, мягкие диваны, над которыми натягивается сетка. При значительном ускорении и быстром торможении аппарата очень важно, чтобы все предметы были укреплены неподвижно, а багаж был плотно уложен в мягкие, надежно закрывающиеся ящики.

К самым ракетным аппаратам мы не были допущены, зато осмотрели помещение для пилота, которое, впрочем, мало отличалось от устройства знакомого нам по обыкновенным самолетам, если не считать рычагов для пуска и выключения ракетной группы. Заслуживают упоминания укрепленный здесь динамометр для измерения величины ускорения и замедления, затем актинометр для измерения коротко-волнового излучения, и прикрепленные на наружной стенке особые термометры для измерения низкой температуры стратосферы.

За объяснениями и осмотром наступило 20 минут 14-го часа; мы стали пристегивать наш багаж, разыскали наши ложа, накрылись сетками и надежно закрепили их крючками. Без 30 секунд 13 часов прозвучал сигнальный колокол, спустя 10 секунд — второй, и я с сильным сердцебиением ожидал старта. Ровно в 13 раздалась в громкоговоритель команда:

— Отчаливаем!

Одновременно донеслось жужание пропеллеров, поднимавших аппарат с земли. Мы летели так минуты три, когда прозвучал третий сигнальный колокол. Раздалось невероятное шипение, и внезапно я был придавлен с страшной силой

к моему ложу. Мне едва не сделалось дурно от этого усиленного давления. Кровь стучала в ушах; казалось, меня поборол какой-то великан. Сила, с которой напирала на мою грудь сетка, мешала мне свободно дышать, пот выступил на лбу, а связка ключей в кармане чувствительно вдавливалась в бедро. Костюм сразу стал чересчур тесен, рубашка стягивала туловище. Я сделал попытку двигать членами: рука, протянутая к карманным часам, — потому что протекшие секунды казались мне черезчур долгими, — сразу отяжелела; казалось, она весила центнер (100 *кг*). Потея и кряхтя, я едва мог достать свои часы. Но непривыкший к усиленной тяжести, я захватил их слишком слабо: с силою вырвались они из моей руки, проскользнули через ячейки сетки, разорвали часовую цепочку и со звоном ударились о противоположную стену. Обескураженный, я отказался от дальнейших попыток к движению и предоставил себя на волю судьбы.

Внезапно начались сильнейшие колики в области живота. Я напряг всю волю, чтобы не поддаваться боли, — как вдруг шипение ракеты умолкло. Сейчас еще меня придавливало к сетке дивана — теперь же я, как тенисный мяч, отлетел к противоположной стороне моего ложа. У меня было ощущение, будто я падаю с высокой горы в расщелину, и когда я вновь овладел своими чувствами, я крепко держался руками за сетку. Аппарат все еще казался падающим, и каждую секунду я со страхом ожидал, что ракета ударится о волны Атлантического океана.

Громкоговоритель передал голос командира:

— Двадцать минут полной невесомости. Пассажиры могут отстегнуть сетки и двигаться свободно. Держитесь постоянно за ремни, чтобы ни обо что не ударяться и не ушибить друг друга.

Я переживал удивительное ощущение никогда еще не испытанной бесплотности, словно плавал под водою и утратил сознание того, где верх и где низ. Закружилась голова; казалось, вся кабина тихо вращается вокруг меня. Я почувствовал потребность покинуть свое ложе и стать на ноги. Поспешно отстегнул я свою сетку, чтобы стать

на пол — и вдруг заметил, что свободно витаю в пространстве.

Неожиданно, как опытный пловец, подплыл ко мне в воздухе служитель стратоплана и ловко ухватился за один из ремней возле моего ложа. Его появление воскресило в моей памяти физические законы, относящиеся к состоянию невесомости; вместе с тем сразу исчезли все неприятные ощущения, и проснулся живой интерес к совершающимся явлениям. Пока служитель занят был улавливанием обломков моих часов, витавших в пространстве, я подтянулся к окну кабины. Когда мы были на земле, дневной свет едва пробивался через темное стекло, — здесь же я видел сияющее Солнце, висевшее белым раскаленным шаром на черном небе. Возле самого Солнца блистали бесчисленные звезды, а неподалеку виден был серп молодого месяца. В свободной от пыли стратосфере отчетливо видна и неосвященная Солнцем часть лунного диска, залитая отраженным светом Земли. Яркое Солнце ослепляло меня; оно затмевало свет электрических ламп в кабине и рельефно освещало ее внутренность.

Часы показывали 13 часов 12 минут. Мы находились на высоте 50 километров над земной поверхностью. Наружная температура была 54° ниже нуля; давление воздуха — только 1 *мм* ртутного столба. Хотя электрическое отопление было выключено, в кабине было довольно тепло благодаря тому, что обращенная к Солнцу наружная поверхность стратоплана была матово-черная: энергия лучей Солнца поглощалась и проводилась внутрь кабины. Подробности земной поверхности отсюда не различались: под стратопланом сияла лишь освещенная Солнцем туманная оболочка Земли.

Наступило время завтрака, но его, к сожалению, нельзя устроить на стратоплане. Хотя продвижение проглоченной пищи в пищеводе производится перистальтическими движениями, но в условиях невесомости возникает опасность, что пища, особенно жидкая, попадет «не в то горло», т. е. в дыхательное горло, оттуда в легкие и вызовет здесь воспаление. После того как во время пробного полета такое неудачное глотание стоило жизни машинисту, еда и питье в страто-

плане были безусловно воспрещены. Запрещение имеет еще и другое основание: хлебные крошки, капли воды, всякого рода пыль в среде без тяжести не оседают вниз, а носятся в воздухе; неосторожность одного пассажира может совершенно засорить воздух для дыхания: пришлось бы надевать особые маски и поспешно фильтровать воздух, чтобы задержать хотя бы часть пыли.

Я осведомился, не представляет ли для нас опасности «проникающее» излучение Кольхерстера.* Правда, Кольхерстер сам разъяснил, что это коротковолновое излучение даже в стратосферу проникает уже в столь ничтожном количестве, что вредное действие их на человеческий организм весьма мало вероятно. Но все же пассажиры стратоплана не вполне ограждены от коротко-волнового излучения вселенной, так как оно действует на фотографическую пластинку в кассете подобно рентгеновским лучам. По этой причине для окон нашей кабины и взято свинцовое стекло до некоторой степени задерживающее коротковолновые лучи.

В 13 часов 24 минуты по громкоговорителю раздалась команда «Вернуться к своим ложам и накрыться предохранительными сетками». Началось шипение тормозных ракет. На этот раз мне удалось легко перенести две неприятные минуты усиленной тяжести. Несчастный случай, свидетелем которого пришлось быть, сократил для меня этот длительно протекающий промежуток времени. Представитель спортивной прессы, сам страстный спортсмен, недооценил, повидимому, опасностей усиленной тяжести: он отстегнул сетку, чтобы испытать это состояние на ногах. Искусственная тяжесть в нашем аппарате была в 4 раза сильнее нормальной — напряжение, которое можно переносить лишь лежа. Едва началось шипение ракет, как спортсмен судорожно схватился за ремень. Я хотел его предостеречь, — но мой оклик опоздал: усиленная тяжесть вызвала прилив крови к нижней части его тела, лицо с каждой секундой становилось все бледнее, он

---

* Космические лучи, или лучи Гесса (часто называемые также лучами Милликена). *Я. П.*

выпустил ремень, как стрела налетел на соседнюю стенку и остался там неподвижен.

Тормозные ракеты прекратили свою работу, наш аппарат снижался, уменьшая остаток скорости действием особых рулей. Свет, проникающий сквозь окна, снова стал меркнуть и мутнеть, и после короткого планирования мы плавно спустились на Землю. Было $7^1/_2$ часов утра по американскому времени.

В номере гостиницы я быстро набросал этот отчет и — новая сенсация! — донесения наши будут в 12 часов дня перекинуты в Германию на Оберт-Годдардовой почтовой ракете; они прибудут в $6^1/_2$ часов по среднеевропейскому времени».

11. МЕЖПЛАНЕТНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ.

В связи с вопросом о возможности межпланетных сообщений интересно коснуться и другой, естественно связанной с ним темы — междупланетных сношений помощью оптических или иных сигналов. Ограничимся здесь беглой справкой.

Впервые в серьезной форме вопрос этот был поставлен в двадцатых годах XIX века знаменитым германским математиком Гауссом. Немецкий астроном Груитуйзен, горячий сторонник обитаемости Луны разумными существами, излагал проект Гаусса так:

«Вот основная идея Гаусса: нужно показать жителям Луны то геометрическое построение, с помощью которого обыкновенно доказывается Пифагорова теорема. Средство — культура земной поверхности где-нибудь на громадной равнине. Чтобы изобразить геометрические фигуры, нужно пользоваться контрастом между темными полосами лесов и золотисто-желтыми площадями хлебных полей. Это удобнее сделать в стране, где жители только временно пользуются обрабатываемой землей и, следовательно, легко подчиняются указаниям. Таким образом, выполнение данной мысли не потребовало бы чрезмерных затрат. Гаусс говорил об этом с глубокой серьезностью. Он придумал еще один способ завязать сношения с обитателями Луны. Способ состоит в при-

менении гелиотропа, — прибора, изобретенного Гауссом и могущего служит не только для измерения углов с весьма длинными сторонами, но и для передачи сигналов. По мысли Гаусса, нет даже необходимости составлять из зеркал громадную отражающую поверхность; достаточно известного числа хорошо обученных людей с самыми обыкновенными зеркалами. Следует выбрать время, когда обитатели Луны наверное смотрят на Землю, — например, когда наша планета покрывает Венеру. Зеркала отбрасывают свет по направлению к Луне. Чтобы жители Луны узнали о нашем существовании, нужно прерывать этот свет через равные промежутки времени; так можно сообщить им числа, которые имеют большое значение в математике. Конечно, чтобы эти знаки привлекли внимание, нужно выбрать подходящий день, когда яркость света, отраженного гелиотропом, будет особенно велика. Гаусс предпочитал математические знаки, потому что у нас и обитателей далеких миров могут оказаться общими только основные математические понятия».

Попыток осуществить этот проект не делалось.

В 1890 году много и оживленно обсуждался вопрос о сношении, помощью оптических сигналов, с предполагаемыми обитателями Марса. При таком настроении умов некоторые замеченные на Марсе явления были приняты за световые сигналы. «Как раз в то время, когда пылкие умы старались измыслить средства, чтобы установить сношения между планетами, некоторые наблюдатели, вооруженные весьма сильными телескопами, заметили своеобразные световые выступы на границе освещенной и ночной половин Марса. Выступы эти держались слишком долго, чтобы их можно было принять за цепь облаков; казалось, обширные области планеты начинали светиться, едва над ними опускалась ночь... Для многих не оставалось сомнения, что здесь мы усматриваем огненные знаки с этого далекого мира. К сожалению, это не подтвердилось: Кемпбелл вполне понятным образом объяснил появление этих световых выступов, как обширные горные области (залитые солнечным светом)... В 1892 г. и 1894 г. светлые места наблюдались опять. Они появлялись

всегда в определенных местах, именно лишь в тех желтых областях, которые астрономы считают материками. Кемпбелл дает следующее объяснение этому явлению: «Марс находился от нас на расстоянии 63 миллионов километров. Мы могли брать увеличения в 350-520, и планета приближается к нам на расстояние в 180 000 *км* и 120 000 *км*. Расстояние Луны от нас вдвое и втрое больше. Однако мы можем просто глазом видеть на границе дневной и ночной половин светлые выступы, образуемые горными цепями и большими кратерами» (В. Мейер, «Мироздание»). Сходное наблюдение и толки повторялись и в декабре 1900 г., когда американский астроном Дуглас заметил на Марсе яркое пятно, державшееся в течение часа.

В нынешнее время снова заговорили о проектах оптической сигнализации на Марс, опираясь на современные прожекторы, сосредоточивающие огромные количества света.

Мощные прожекторы наших авиационных маяков действительно превосходят то, о чем можно было только мечтать полтора десятка лет тому назад. Отбрасываемый ими свет, яркостью в миллиард свечей, виден невооруженным глазом с расстояния 300 — 400 километров. Будь такой маяк на Луне, мы могли бы увидеть его свет в наши телескопы. Естественна мысль воспользоваться подобными орудиями современной осветительной техники, чтобы послать весть о себе на Марс. Как сделать, чтобы марсиане поняли этот сигнал и приписали ему то значение, которое мы хотим вложить — именно, демонстрации разумности земных обитателей? Можно, следуя проекту Гаусса, расположить яркие источники света так, чтобы они образовали определенную геометрическую фигуру, например, чертеж Пифагоровой теоремы. Если марсиане действительно настолько разумны, как мы полагаем (иначе не стоит, пожалуй, с ними и заводить сношений), они догадаются ответить нам чертежом другой теоремы,—напр., Гипократовых луночек.

Трезвый расчет не оставляет, однако, никакой надежды на осуществление этих заманчивых возможностей. Чтобы земной чертеж можно было усмотреть на Марсе в телескопы

нашей, примерно, силы, надо придать его линиям толщину километров в 20, а самый чертеж раскинуть на пространстве целого государства. И,—что всего хуже,—яркость источников должна исчисляться не миллиардами свечей, а десятками триллионов...

Если так, то нельзя ли воспользоваться в качестве источника света самим солнцем, отражая его лучи огромными зеркалами, сооруженными где-нибудь в Сахаре или в Бразилии? Однако пришлось бы придать этому зеркалу невероятные размеры: оно должно быть в десятки километров поперечником. Это во-первых. Второе возражение серьезнее. Сторонники этого проекта забывают о том, как расположены по отношению друг к другу обе планеты в период наибольшего сближения. Ведь тогда Земля и Марс находятся по одну сторону от Солнца, на одной прямой линии с ним. В эти моменты Земля как раз обращена к Марсу своей ночной половиной, и мы можем отбросить солнечные лучи куда угодно, только не на Марс...

Изобретение беспроводного телеграфа направило мысль о межпланетных сношениях на новый путь. Особенно много говорилось об этом в конце 1900 года, когда знаменитый американский электротехник Тесла сообщил, что ему удалось заметить загадочные электрические сигналы при производстве опытов на большой высоте. «Тесла наблюдал — читаем мы в английском научном журнале 1901 г. — на специальном приборе повторные электрические колебания, причина которых заставляла его теряться в догадках. Он пришел к мысли, что они обязаны своим происхождением токам, идущим от планет, и теперь полагает, что было бы вполне возможно посредством усовершенствованного аппарата сноситься с их обитателями». Далее, со слов Тесла, сообщалось что он приступает к постройке аппарата, который даст возможность послать на Марс количество энергии, достаточное для воздействия на электрические приемники, в роде телеграфов и телефонов. «Я не сомневаюсь — писал Тесла, — что с помощью надлежащим образом построенного аппарата возможно переслать энергию на другие планеты,

*

например, на Марс и Венеру, даже при наибольшем их удалении от Земли. Мой метод даст практическое разрешение вопроса передачи и получения сообщений с планет». Однако это предположение ни к чему не привело, и вызванная заявлением Тесла оживленная полемика в печати вскоре прекратилась. *

Оживление интереса к этой проблеме наступило вновь лишь в самое последнее время. В 1920 г. и 1922 г. неоднократно отмечались случаи приема радиостанциями таких сигналов, для которых, по некоторым соображениям, затруднительно допустить земное происхождение; это обстоятельство,— в связи с тем, что сигналы наблюдались как раз в эпохи наибольшей близости Марса к Земле — побудило искать станцию отправления загадочных сигналов именно на этой планете.

В 1920 г. в Анды (Южн. Амер.) были направлены лучшие радиотехники Маркониевой компании с особо чувствительными приемниками, настроенными на длину волны 300 километров (почему-то предполагалось, что марсиане работают именно на этой волне). Но никаких сигналов принято не было. «Все приборы, — гласило официальное сообщение,— настроенные на длину волны в 300 000 метров, — не обнаружили никаких признаков радиоволн в момент нахождения Марса на ближайшем расстоянии от Земли». Столь же безрезультатна была экспедиция самого Маркони в Средиземное море для уловления предполагаемых сигналов (также в 1920 г.), и попытки принять сигналы Марса на 24-ламповый приемник во время «великого противостояния» 1924 г.

Не было недостатка и в проектах обратного сигнализирования по радио — с Земли на Марс. В том, что марсиане располагают радиоприемником, у авторов проектов не возникало сомнения. Затруднение было лишь в том, чтобы достичь взаимного понимания человечеств обеих планет. Небезызвестный немецкий физик-популяризатор Ганс Доминик

---

* Эти толки о сигналах с планет нашли себе, между прочим, отклик в романе Уэллза «Первые люди на Луне».

в своей книге «В волшебном мире техники»* предлагает осуществить взаимное понимание следующим образом:

«Мы могли бы, например, — пишет Г. Доминик — протелеграфировать в пространство величины сторон первых Пифагоровых треугольников, — скажем, числа 3, 4 и 5, потому что $3^2 + 4^2 = 5^2$. Со стороны мыслящих, математически образованных существ можно было бы ждать только одного ответа на такую телеграмму, а именно чисел 5, 12 и 13, потому что $5^2 + 12^2 = 13^2$. Такой ответ сразу установил бы между обеими планетами контакт. Простые Пифагоровы числа могли бы уже послужить поводом договориться насчет особых знаков для понятий плюс, минус, равенство. Следующим шагом было бы установление какой-нибудь общей системы координат. Обладая ею, можно было бы при помощи простых числовых телеграмм обмениваться всевозможными изображениями. Уже спустя несколько недель по установлении такой связи мы могли бы здесь располагать портретами жителей Марса».

Оставляя в стороне фантастические возможности, рассмотрим, какие физические и технические трудности стоят на пути к осуществлению радиосвязи с планетами на практике.

Прежде всего надо указать, что хотя на земной поверхности для современного радиотелеграфа более не существует уже непреодолимых расстояний, передаваться *вверх* электрические волны могут беспрепятственно всего лишь на сотню или на две километров. Дело в том, что на высоте 50—200 *км* простирается слой разреженной атмосферы, отличающийся от нижележащих слоев значительною электропроводностью. Такой слой — так наз. «слой Хивизайда» — непрозрачен для электрических волн большой и средней длины: он частью отражает падающие на него электрические лучи назад, частью поглощает их, не выпуская наружу. Этот экран, охватывающий непроницаемой оболочкой весь земной шар, прозрачен до некоторой степени лишь для

* Русский перевод в издании ГИЗ, 1925 г., последняя глава книги.

электрических лучей, которые направлены к точке зенита,— но энергия ослабленных волн, проникающих через зенитное окошечко, чересчур ничтожна, чтобы заставить работать аппараты отдаленных станций. Допустим,—ради внесения определенности в задачу,—что чувствительность марсовых приемников одного порядка с чувствительностью самых совершенных земных аппаратов; тогда для успешной передачи сигнала на Марс потребовалось бы, согласно вычислениям специалистов, радиотелеграфная станция не менее чем в 10 000 000 киловатт... Вспомним, что сильнейшая радиостанция мира обладает мощностью всего в 100 киловатт.

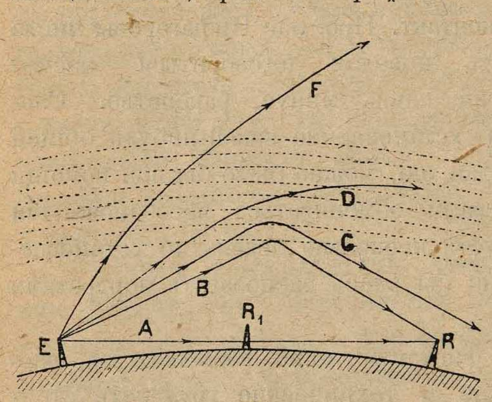


Рис. 51. Действие слоя Хивизайда на электрические лучи. Лучи *B*, *C*, *D* радиостанции *E*, с большой длиной волны, отклоняются обратно к земле и только луч *F*, с короткими волнами, проходит через слой Хивизайда, проникая в мировое пространство.

Подобные затруднения, вероятно, возникли бы и для обитателей Марса, если бы они пожелали установить радиосвязь с нами—их электрические волны, уже проникшие через слой атмосферы Марса, должны были бы отразиться от непроницаемой для электрических лучей наружной оболочки нашей атмосферы.

Впрочем, волны короткие—менее 30 метров—могут при не слишком большом угле падения проникать через слой Хивизайда, и сношение помощью них было бы возможно, если бы найден был способ переносить с ними огромную энергию.

Проблема межпланетной сигнализации при ближайшем рассмотрении оказывается гораздо более трудно разрешимой, чем кажется с первого взгляда. И самое главное затруднение даже не в тех технических препятствиях, о которых здесь говорится. Важнейшее затруднение в том, что всякая сигнализация — будь то оптическая, электрическая или

какая-либо иная—предполагает существование адресата, который мог бы принять и понять эту сигнализацию. Пока нет твердой уверенности в существовании такого адресата, сигнализация почти наверняка обречена на неуспех. И как ни странно это звучит — больше вероятия, что люди когда-нибудь сами прилетят на Марс, нежели что они получат от марсиан ответ на свою межпланетную телеграмму.

12. СОВРЕМЕННЫЕ ДЕЯТЕЛИ ЗВЕЗДОПЛАВАНИЯ.

Приводим, в алфавитном порядке, сведения о главнейших из тех ученых, которые работают в настоящее время над проблемой межпланетных перелетов. Поучительно отметить, что ко времени выхода первого издания нашей книги (1915 г.) в подобный список можно было бы включить только одно имя — К. Э. Циолковского; теперь насчитывается уже полтора десятка людей, внесших свой вклад в разработку основ звездоплавания.

Макс Валье (Германия). †1931 г.

Max Valier, München.

Астроном, физик и авиатор. Автор общедоступно написанной, весьма содержательной книги: «Возможен ли технически полет в мировое пространство» («Der Vorstoss in der Weltenraum eine technische Möglichkeit?». Berlin, 1924. * Содержание: Тяготение. Наши средства борьбы (метальные машины, пушки, ракеты). От увеселительной ракеты к космическому кораблю. Полет в небесные пространства. Завоевание звездного мира. (Переведена — к сожалению, неудовлетворительно — на русский язык под заглавием «Полет в межпланетное пространство», Лг., 1926. Изд-во «Книга»). Валье считает неосуществимой идею соорудить звездолет и предлагает предварительно строить серию аэропланов, снабженных реактивными двигателями в помощь обыкновенному

* В 1928 г. вышло 5-е, значительно переработанное издание под новым заглавием: «Raketenfahrt».

авиамотору для достижения стратосферы. О его проектах — см. главу XII нашей книги.

Инж. В. П. Ветчинкин (Москва).

Профессор, сотрудник Центрального Аэродинамического Института в Москве. Математически разрабатывает вопросы звездоплавания и делал о них доклады. Печатных трудов в этой области не выпускал.

О. Гайль (Германия).

Otto Willi Gail.

Инженер, журналист и романист. Автор талантливо написанной книги «Силою ракеты во вселенную» («Mit Raketenkraft ins Weltenall»), где в легкой общедоступной форме изложено современное состояние проблемы. Идею межпланетных перелетов пропагандирует также в романах «Выстрел во вселенную» («Der Schuss ins All») и «Полет с земного шара» («Los vom Erdball»).

Др. Ф. Гефт (Австрия).

Dr. Franz von Hoeft, Wien.

Австрийский ученый, инженер и писатель. Род. в 1882 г. Председатель «О-ва исследования высот». Автор ряда подробно разработанных проектов реактивных аппаратов различного назначения (пассажирских и непассажирских). О них — см. гл. XII нашей книги.

Проф. Роберт Годдард (С. Ш. А.)

R. H. Goddard, Worcester.

Американский ученый, директор физической лаборатории Университета Клерка в Ворчестере, в С. Ш. А. В 1919 г. опубликовал в известиях Смитсонианского Института замечательное исследование «Метод достижения крайних высот» («A Metod of Reaching extreme altitudes»), сущность которого изложена в главе XIV нашей книги. Помимо описания

опытов с ракетами, работа содержит и теоретическую часть, рассматривающую условия движения ракетных аппаратов (русского перевода нет). Годдард продолжает свои работы с ракетами и в настоящее время, но результаты их не публикуются, так как опыты, повидимому, выполняются для нужд военного ведомства.

Инж. Вальтер Гоманн (Германия).

Dr.-ing. W. Hohmann, Essen.

Автор работы «Досягаемость небесных тел. Исследование проблемы полетов в мировое пространство» («Die Erreichbarkeit der Himmelskörper), вышедшей в Берлине в 1925 г. Содержание: Отлет с Земли. Возвращение на Землю. Свободный полет в мировом пространстве. Облет небесных тел. Высадка на небесные тела.—Автор не касается вопросов конструкции космического корабля, а рассматривает лишь условия плавания в мировом пространстве, опираясь на законы движения небесных тел. Ему принадлежит математическая разработка порядка спуска ракеты на поверхность планет, окруженных атмосферой, с использованием тормозящего действия воздуха, а также проекты небесных маршрутов для будущих космических кораблей (см. гл. X нашей книги). Книга предполагает у читателя хорошую математическую подготовку. Русского перевода нет.

В. Лей (Германия).

Willy Ley, Berlin.

Вместе с Обертом, Гефтом, Гоманном, Зандером и др. организовал составление общедоступного коллективного труда «Возможность полета в мировое пространство» («Die Möglichkeit der Weltenraumfahrt», 1928). Содержание: В глубинах мирового пространства (В. Лей). Обитаемые миры (В. Лей). Воображаемые межпланетные перелеты и фантазии об обитаемости миров (К. Дебуса). Основные проблемы звездоплавания (Г. Оберта). Горючее для космических кораблей

(Ф. Гефта). Маршруты, продолжительность перелетов и способы посадки (В. Гоманна). Станции в мировом пространстве (Г. Оберта). От воздухоплавания к звездоплаванию (Ф. Гефта). Несбыточные пути осуществления межпланетных перелетов. (Г. Пирке). Ракета как двигатель (В. Зандера). Заключение.— Ему же принадлежит и популярная книжечка «Полет во вселенную» («Die Fahrt ins Weltall», Leipzig, 1927).

Г. Ноордунг (Германия).

Hermann Noordung.

Автор очень интересной популярной книги «Проблема путешествий в мировом пространстве» («Das Problem der Befahrung des Weltraums», Berlin, 1929).

Проф. Герман Оберт (Румыния).

Hermann Obert, Mediasch.

Астроном и метеоролог в Медиаше (Румыния); род. в 1894 году. Автор научного исследования «Ракета в планетное пространство» («Die Rakete zu den Planetenraümen»), появившегося в 1923 г. в Берлине,* но задуманного еще в 1907 г. Содержание этой работы в существенных чертах изложено в главе XII нашей книги. Сочинение состоит из трех частей: I. Работа ракеты. II. Описание модели ракеты и рассмотрение технических деталей. III. Цели и проекты. В последней части обсуждаются, между прочим, и такие вопросы, как действие ненормальной тяжести на организм и психику человека, опасности при подъеме ракеты, ее снаряжение и т. п. Изложение крайне сжатое, изобилующее математическими выкладками и предназначенное для тесного круга специалистов. Русского перевода нет.

Ф. Опель (Германия).

Franz Opel, Rüsselheim.

Глава автомобильной фирмы «Опель», построивший первый в мире ракетный автомобиль и приступающий к осу-

* В 1928 г. появилось 3-е, значительно переработанное издание.

ществлению проектируемой Валье серии ракетных аэропланов (см. гл. XIII нашей книги).

Роберт Эсно-Пельтри (Франция).

R. Esnault-Pelterie, Paris.

Известный деятель французской авиации (изобретатель аэроплана REP), автор труда «Исследование высших слоев атмосферы помощью ракеты и возможность межпланетных путешествий» («L'exploration par fusées de la très haute atmosphère et la possibilité de voyages interplanetaires»), выпущенного в Париже Французским Астрономическим обществом в 1928 г. Содержание: Движение ракеты в пустоте и в воздухе. Использование ракет для исследования высших слоев атмосферы или для межпланетного путешествия. Необходимые условия для отправления живых существ. Научное значение посещения иных миров. — Предмет рассматривается в книге только с теоретической стороны и обработан математически; вопросов практических, конструктивных автор не затрагивает. Русского перевода нет. Эсно-Пельтри принадлежит термин «звездоплавание» («астронавтика»), введенный в русскую литературу Я. И. Перельманом. * Существенно нового в разработку проблемы книга вносит мало; автор был совершенно незнаком с русской и немецкой литературой предмета.

---

* Термин этот (одобренный К. Э. Циолковским) некоторым представляется недостаточно точным. Возражают, что собственно о *звездо*плавании говорить не приходится, так как неподвижные звезды недостижимы даже для ракеты. Но слово «звезда» в разговорной речи означает вообще всякое небесное светило (кроме Солнца и Луны) — в том числе и планеты. Точный смысл слова «звездоплавание» есть не «плавание к звездам», а плавание в том пространстве, где находятся небесные светила (как «воздухоплавание» — плавание в атмосфере, а не к атмосфере). Иначе говоря, «звездоплавание» есть плавание в мировом пространстве. Этот термин, следовательно, гораздо шире введенного мною же 14 лет назад термина «межпланетные путешествия» и отвечает современному состоянию проблемы, рассматривающему достижение планет лишь как один из этапов — заключительный — завоевания мирового пространства.

Г. Пирке (Австрия).

Guido von Pirquet, Wien.

Австрийский инженер, автор исследования о маршрутах межпланетных перелетов, печатавшегося в течение 1928—29 г. в журнале «Die Rakete» («Fartrouten»). Секретарь «Научного общества для исследования высот».

Н. А. Рынин (Ленинград).

Профессор Института Путей Сообщения. Собрал обширный материал, относящийся к истории и современному состоянию звездоплавания. Часть этого материала опубликована им в книгах: «Межпланетные сообщения. Вып. 1-й: Мечты, легенды и первые фантазии. Вып. 2-й: Космические корабли в фантазиях романистов. Вып. 3-й: Ракеты и двигатели прямой реакции». Ленинград, 1928—1929.

К. Э. Циолковский (Калуга).

Русский физик, выдающийся теоретик воздухоплавания и авиации, автор ряда фундаментальных теоретических и практических исследований в этой области. В 1903 г. в работе «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (напеч. в журнале «Научное Обозрение», в Петербурге) первый дал обоснование идеи применения принципа ракеты к заатмосферному летанию. Дальнейшие научные исследования в этой области изложены в сочинениях: «Ракета в космическое пространство» (1924 г.). «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926 г.). «Космическая ракета. Опытная подготовка» (1927). Популяризации идеи звездоплавания посвящена научно-фантастическая повесть «Вне Земли» (1920). Все эти сочинения изданы в Калуге, где К. Э. Циолковский проживает безвыездно, продолжая разрабатывать проект своего звездолета, а также и другие проекты, относящиеся к воздушному транспорту. Родился в 1847 г.

Шершевский А. Б. (Германия).

A. Scherschevsky (Berlin).

Автор ряда статей в специальной прессе по различным вопросам звездоплавания и отдельно изданного сочинения: «Ракета для езды и летания. Общепонятное введение в ракетную проблему» («Die Rakete für Fahrt und Flug». Berlin. 1929.) Содержание книги: Основы эволюции транспорта. Принципы ракетных повозок и летательных аппаратов. Краткий исторический обзор. Первые практические опыты. Ракета в воздухоплавании и звездоплавании. Перспективы. Литература.

Общества. Журналы.

Осенью 1926 г. образовано в Вене по инициативе Ф. Гефта и под его председательством «Научное общество для исследования высот» («Wissenschaftliche Gesellschaft für Höhenforschung», Wien II, Darwingasse 34).

В середине 1927 г. в Бреславле учрежден «Союз звездоплавания» («Verein für Raumschiffahrt», Breslau, Hohenzollernstrasse 63-65), издающий ежемесячный журнал «Ракета» («Die Rakete») под редакцией Иог. Винклера. В состав президиума общества входят Гефт, Оберт, Гоманн, Валье и др. Общее число членов — около 500.

Предполагавшееся в 1924 г. в Москве издание журнала «Ракета» не осуществилось.

В Ленинграде в конце 1928 г. образована и начала свою деятельность «Секция исследования проблемы межпланетных сообщений» при Институте Путей Сообщения.

---

13. СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА В ЧИСЛАХ.

	Солнце	Меркурий	Венера	Земля		Луна	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
Масса	333 432	0,056	0,82	1,00	$6 \cdot 10^{24}$ *кг*	0,0123	0,108	318	95,4	14,6	17,3
Средн. расстояние от Солнца.	—	0,39	0,72	1,00	$149,5 \cdot 10^{6}$ *км*	—	1,52	5,20	9,55	19,22	30,11
Диаметр светила	109,05	0,38	0,96	1,00	12 700 *км*	0,273	0.53	11,19	9,47	3,90	4,15
Ускорен. тяжести на поверхн.	28,04	0,39	0,89	1,00	9,81 *м/сек*^{2}	0,169	0,382	2,54	1,06	0,96	1,00
Период обращения по орбите.	—	0,24	0,62	1,00	365,24 *сут.*	0,075	1,88	11,86	29,46	84,02	164,76
Период вращения вокруг оси.	25*с* 4*ч*	87,9*с*	1*с*?	—	23*ч* 56*м*	27*с* 2*ч*	24*ч* 37*м*	9*ч* 55*м*	10*ч* 14*м*	11*ч* (?)	16*ч* (?)
Скорость движения по орбите.	—	1,61	1,18	1,00	—	—	0,81	0,438	0,324	0,228	0,182
То же в километрах в сек. .	—	47,7	35,1	—	29,75	(1,02)	24,1	13	9,65	6,78	5,43
Скорость, необходимая для удаления в бесконечность.	55,3	0,385	0,925	1,00	—	0,213	0,451	5,33	3,17	1,94	2,04
То же в километрах в сек. .	618	4,30	10,3	—	11,18	2,36	5,04	59,5	35,4	21,6	22,8
Скорость, необходимая для кругового облета светила (в *км* в сек.)	417	3,03	7,30	7,90	—	1,68	3,56	42,2	25,1	15,25	16,1
Число спутников	—	—	—	—	1	—	2	9	10	4	1

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Таблицы в тексте.

1 р. 60 к.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО РСФСР

МОСКВА—ЛЕНИНГРАД

В. КЕМПФЕРТ

ИСТОРИЯ ВЕЛИКИХ ИЗОБРЕТЕНИЙ

Перев. с нем. Н. В. Миркина

Под ред. и с примеч. инж. Ф. Давыдова (Капелюша)

С 129 илл. в тексте

Стр. 292. Ц. 2 р. 50 к.

Содержание: История паровых машин. Электричество и прогресс техники освещения. История железа, стали и других металлов. История нефти и угля. Лесное хозяйство в Америке. Текстильное производство. История развития всех видов транспорта и всех видов связи. Богатый фактический материал, биографические сведения об изобретателях.



А. ЛЮБКЕ

ТЕХНИКА И ЧЕЛОВЕК В 2000 ГОДУ

Сокращ. перев. с нем. Д. М. Страшунского

(С 30 рис.)

Стр. 179. Ц. 1 р. 25 к.

Беглые очерки новейших успехов в использовании различных источников энергии (солнечной энергии, энергии океана, воздуха и т. д.) Усовершенствования транспорта и некоторых других отраслей техники. Пути развития техники в будущем.

ПРОДАЖА ВО ВСЕХ МАГАЗИНАХ И ОТДЕЛЕНИЯХ ГОСИЗДАТА

1944

Проверено 26/IX 58


2015147535